

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

DIVERSIDAD DE HONGOS GASTEROIDES EN LA SIERRA
DE MAZATÁN, SONORA



TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN: RECURSOS NATURALES TERRESTRES

Presenta:

Carolina Guadalupe Piña Páez

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

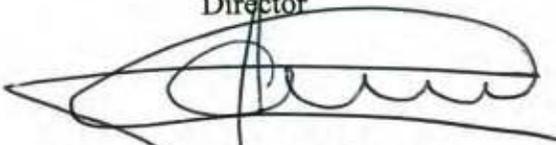
APROBACIÓN

Los miembros del jurado designado para revisar la Tesis Profesional de Carolina Guadalupe Piña Páez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el título de Licenciado en Biología con opción en Recursos Naturales Terrestres.



Dr. Martín Esqueda Valle

Director



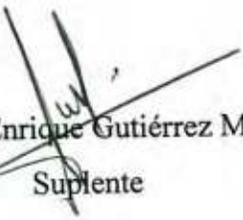
Dr. Alejandro Varela Romero

Sinodal Secretario



Aldo Hiram Gutierrez Saldaña

Sinodal



Dr. Luis Enrique Gutiérrez Millán

Suplente

Formo parte de todo lo que he conocido;
y, sin embargo, toda experiencia es un arco a través del cual
se vislumbra un mundo ignoto, cuyo horizonte huye
una y otra vez cuando avanzo.

-Alfred Tennyson

DEDICATORIAS

A mis padres, por ser las personas más importantes en mi vida, gracias por su amor, esfuerzos, paciencia y apoyo incondicional. A mis hermanos Agustín, Karla y Adriana. A mi persona favorita: Danna.

A mi madre, la persona más maravillosa que he conocido, por sus enseñanzas y por ser la mejor brújula que alguien puede tener.

A mi maestro Dr. Martín Esqueda por estar siempre dispuesto a compartir su conocimiento, por su sencillez y por transmitir esa pasión por lo que ama.

A mi asesor M.C. Aldo Gutierrez por ser parte fundamental del proyecto y por todas sus atenciones.

A mi maestro y amigo Alf Meling, por ser parte crucial de mi formación personal y profesional.

A mis amigos Kuka, Nohelia, Vanessa, Said, Tito, Dianaka, Nena, Eddie, Gaby, Arturo, Román, por aguantarme. Los quiero chicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora en especial al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y a todos los maestros involucrados en el proceso infinito de mi formación.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C., en especial al coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo de investigación.

Al Dr. Teófilo Herrera del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México por incluir el presente trabajo en el proyecto "*Contribuciones para el estudio de la biodiversidad de los macromicetos mexicanos*"

Al Dr. Martín Esqueda por darme la oportunidad de trabajar con él y guiarme en el extraordinario mundo de los hongos.

A M.C Aldo Hiram por ayudarme en TODO.

Al Dr. Alejandro Varela y al Dr. Luis Enrique Gutiérrez por sus acertadas observaciones.

Al Dr. Humberto González por su colaboración en el análisis estadístico.

A la Biol. Georgina Vargas por su apoyo técnico en el presente trabajo.

A mis compañeros y amigos Eduardo, Nohelia y Saíd por su ayuda en el muestreo de vegetación.

A todos los integrantes del laboratorio, Alfonso, Alberto, Citlalli, Deladier, Eduardo, Fátima, Geo, Javier, Marina, Rafa, Tania y Toño por hacer mi estancia en CIAD inolvidable, gracias por el delicioso café, excelente compañía y apoyo.

A Said y el Ing. Sánchez por su ayuda en la identificación de plantas.

A la familia Martínez del Rancho "El Bachán" por todas sus atenciones.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
III. JUSTIFICACIÓN	7
IV. HIPÓTESIS	9
V. OBJETIVOS	10
V.1 Objetivo general	10
V.2 Objetivos específicos.....	10
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
VI. 1 Localización y descripción del área de estudio.....	11
VI.2 Trabajo de campo.....	11
VI.2.1 Selección de localidades de muestreo	11
VI.2.2 Recolecta de hongos gasteroides.....	11

VI.2.3 Muestras de suelo	12
VI.2.4 Muestreo de vegetación.....	12
VI.3 Trabajo de laboratorio	18
VI.3.1 Determinación de hongos gasteroides	18
VI.4 Índices de diversidad y similitud (cualitativos y cuantitativos) para vegetación y hongos gasteroides	19
VI.5 Análisis cofenético	22
VII. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
VII.1 Características generales.....	23
VII.2 Aspectos climáticos y porcentaje de superficie	25
VII.3 Aspectos bióticos	26
VIII. RESULTADOS.....	28
VIII.1 Micobiota.....	28
VIII.2 Análisis de vegetación.....	39
VIII.2.1 Diversidad florística.....	39

VIII.3 Análisis de suelo	45
VIII.4 Análisis cofenético	47
IX. DISCUSIÓN	53
X. CONCLUSIONES	60
XI. RECOMENDACIONES.....	61
XII. LITERATURA CITADA.....	62
XIII. APÉNDICES.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado y arreglo taxonómico de las especies recolectadas.	29
Cuadro 2. Distribución de especies de hongos gasteroides en Sierra de Mazatán.	37
Cuadro 3. Análisis de vegetación en mezquital.	42
Cuadro 4. Análisis de vegetación en matorral subtropical.	43
Cuadro 5. Análisis de vegetación en bosque de encino.	44
Cuadro 6. Análisis físico y químico del suelo.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de muestreo en técnica puntos en cuadrante.	13
Figura 2. Esquema de muestreo en técnica de círculos.	16
Figura 3. Mapa de localización de la Sierra de Mazatán.	24
Figura 4. Riqueza de especies de hongos gasteroides por tipo de vegetación.	33
Figura 5. Índices de Shannon, Pileou y Simpson de hongos gasteroides por tipo de vegetación.	33
Figura 6. Recolección de basidiomas durante las cuatro estaciones del año.	35
Figura 7. Riqueza de especies de hongos gasteroides.	36
Figura 8. Índices de Shannon, Pielou y Simpson de hongos gasteroides respecto a las estaciones del año.	36
Figura 10. Índice de Shannon, Pielou y Simpson de los tipos de vegetación.	41
Figura 11. Dendrograma con base en la composición de hongos por tipo de vegetación.	48
Figura 12. Dendrograma con base en la composición de hongos por tipo de vegetación y estación del año.	50
Fig. 13. Dendrograma con base en la composición de hongos por tipo de vegetación y/o estación.	52
Figura 14. Gasteroides de Sonora.	80

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Hongos gasteroides registrados para Sonora.	75
Apéndice 2. Clave de especies de hongos gasteroides.	79
Apéndice 3. Hongos gasteroides de la Sierra de Mazatán.....	80

RESUMEN

Se presenta un estudio taxonómico y ecológico con el objetivo de contribuir al conocimiento de la diversidad y caracterización del hábitat de hongos gasteroides de la Región Prioritaria para la Conservación Sierra de Mazatán, Sonora. Se realizó un muestreo en cada estación del año en tres tipos de vegetación bosque de encino, matorral subtropical y mezquital. Se caracterizaron los factores bióticos y abióticos de las tres localidades de estudio con base en cartas topográficas y temáticas de INEGI, análisis físico y químico de suelo y de vegetación. Las especies fúngicas se determinaron con claves especializadas y la caracterización micro- y macromorfológica de los especímenes recolectados. Los datos de la flora y la micobiota se procesaron estadísticamente estimándose la riqueza, índices de diversidad (Shannon), equidad (Pielou), dominancia (Simpson) y de similitud de Jaccard. Se determinaron 37 especies, en tres órdenes, cuatro familias y 12 géneros. A saber, Orden: Agaricales: Agaricaceae (25), Boletales: Diplocystidiaceae (1), Sclerodermataceae (3), Geastrales: Geastraceae (8). *Tulostoma gracilipes* se registra por primera vez para la micobiota del continente americano. Los géneros mejor representados fueron: *Tulostoma* (9 spp.), *Geastrum* (7 spp.) y *Lycoperdon* (6 spp.). La diversidad de Shannon para las especies fue de 2.90 en mezquital, 2.43 en bosque de encino y 0.94 en matorral subtropical. La distribución de los hongos gasteroides parece estar más influenciada por el tipo de vegetación que por los parámetros físico y químico del suelo.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial, México ocupa el lugar 14 en extensión territorial y en el habita la cuarta biota más rica del mundo (octavo lugar en aves, quinto lugar en flora vascular y anfibios, tercero en mamíferos y primero en reptiles) que contribuye en promedio con 10% de la riqueza global de cada taxón (Mittermeier *et al.*, 1997; Sarukhán y Dirzo, 2001). Esta elevada biodiversidad se explica por su gran complejidad fisiográfica y por su intrincada historia geológica y climática (Espinosa *et al.*, 2008).

El acelerado ritmo de la pérdida de la biodiversidad causa preocupación por varias razones (Wilson, 1992; Chapin *et al.*, 2000). Una de las principales se asocia a cambios en el funcionamiento del ecosistema, porque los procesos de los ecosistemas probablemente dependen de la presencia de un número específico de grupos funcionales, especies y de los genotipos de los organismos (Ehrlich y Ehrlich, 1981). La crisis de la biodiversidad documenta una inesperada ignorancia entre biólogos y ecólogos en algunas preguntas básicas: ¿Qué tan importante es la biodiversidad en los procesos del ecosistema? ¿Cuánta biodiversidad es necesaria para mantener al ecosistema funcionando? (Hättenschwiler *et al.*, 2005). Se sabe muy poco acerca de cómo la biodiversidad afecta a otros procesos claves para el ecosistema, tales como la descomposición y el ciclo de nutrientes donde los hongos juegan un papel especial. La diversidad florística de Sonora es el resultado de una compleja evolución biótica, de cambios climáticos y formación del paisaje. Una buena parte de su superficie está cubierta por matorrales desérticos, razón por la cual se le considera como una región

árida. Sin embargo, el sur del estado sustenta selvas caducifolias y la Sierra Madre Occidental posee bosques de pino-encino, lo que genera una diversidad ecosistémica considerable (Van Devender *et al.*, 2009). La variedad de hábitats dentro de estos ecosistemas provee un rico patrimonio de diversidad biológica, la cual se refleja también en la micobiota encontrada en el estado.

En México existen 152 regiones terrestres prioritarias para la conservación de las cuales 22 corresponden al estado de Sonora, consideradas como unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica y presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación (Arriaga *et al.*, 2000).

La Sierra de Mazatán se localiza en la región central del estado, es parte de la Provincia Desierto Sonorense, Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses (INEGI, 2009). Dentro de la sierra una parte se encuentra bajo la categoría de manejo Región Terrestre Prioritaria (RTP039) tanto por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por constituir una “isla” de biodiversidad templada en un entorno árido (Desierto Sonorense) con lagunas en la mesa superior. El tipo de vegetación dominante es bosque de encino por arriba de los 1,200 msnm, bordeado por matorral subtropical ubicado entre los 600 y 1,200 msnm. En su parte externa al sur, se

presenta matorral subtropical alterado, al norte mezquital y al oriente y poniente agricultura de riego (Arriaga *et al.*, 2000).

Los hongos fungen ecológicamente como degradadores de materia orgánica y catalizan diversas reacciones bioquímicas: mineralización, óxido-reducción, fijación y solubilización (Díaz-Barriga, 1992; Guzmán, 1995). Interactúan con todos los organismos y los procesos de los ecosistemas directa o indirectamente. El éxito de otros organismos en el sistema e incluso la supervivencia del propio sistema depende de la actividad de los hongos (Trappe y Luoma, 1992). Es importante la asociación con otros organismos, lo que permite estructurar la comunidad fúngica distinguiendo entre especies parásitas, saprófitas y simbióticas. De las últimas destaca la relación con las raíces de plantas vasculares al formar micorrizas, proporcionando protección contra agentes patógenos y estrés ambiental, nutrientes solubilizados y reguladores de crecimiento (Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990; Trappe y Luoma, 1992).

II. ANTECEDENTES

Los hongos gasteroides habían sido tradicionalmente ubicados dentro de la clase Gasteromycetes. La obra de Persoon “Synopsis Methodica Fungorum” (1801) estableció como punto de partida la nomenclatura de los Gasteromycetes en 1910 en el segundo Congreso Internacional de Botánica en Bruselas y posteriormente incorporado en el Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Sin embargo, Persoon no reconoció esta clase y ubicó alternativamente los miembros de este grupo dentro de la clase Angiocarpi en el orden Dermatocarpi bajo el suborden Trichospermi. En Systema Mycologicum, Fries (1821) incluyó la clase Gasteromycetes en la taxonomía fúngica junto con otras tres clases: Coniomycetes, Hymenomycetes e Hyphomycetes. Fries delimitó su clase de hongos de “estómago”, principalmente por la naturaleza cerrada de sus basidiocarpos, “Fungus totus clausus, in centro sporidia collagens” (Ainsworth, 1976). Fries intentó englobar en el mismo grupo (*classis secunda*), una serie de hongos cuyo único carácter común era el cuerpo fructífero globoso, por lo menos durante la fase juvenil. De esta forma el denominó a este grupo Gasteromycetes, del griego “*gaster*”, que significa estómago (Calonge, 1998).

Varios trabajos basados en características anatómicas han sugerido desde principios del siglo XIX, que la clase Gasteromycetes es polifilética (Hibbett *et al.*, 1997). A lo largo del siglo XX se propuso el reconocimiento de la relación existente entre ciertos taxones pertenecientes a los Gasteromycetes y otros grupos como los Boletales y Agaricales (Singer, 1962). Con el cierre del siglo XX, los análisis

filogenéticos moleculares utilizando datos de la secuencia de los genes nucleares que codifican para el ARN ribosomal, presentaron pruebas convincentes sobre su origen polifilético (Hibbett *et al.*, 1997).

Los estudios sobre la micobiota de Sonora son limitados. Aunque existen publicaciones desde mediados del siglo pasado sobre los hongos gasteroides en Sonora, (la referencia más antigua corresponde a Zeller (1948), quien propuso a *Morganella mexicana* como una especie nueva para la ciencia), las contribuciones más importantes se han realizado en los últimos 10 años (Esqueda *et al.*, 2010). A pesar del escaso conocimiento sobre la mayoría de los grupos, diversos géneros de hongos gasteroides característicos de zonas áridas se han estudiado con mayor énfasis (Esqueda *et al.*, 1995a, 2003, 2004). La Sierra de Mazatán no cuenta con ningún antecedente bibliográfico sobre algún tipo de estudio micológico.

Según Esqueda *et al.* (2010), Sonora cuenta con un registro de 121 taxones (Apéndice 1) y si se considera que se conocen alrededor de 1,000 especies a nivel mundial (Kirk *et al.*, 2001), el 12.1% están reportadas para Sonora. A nivel nacional Guzmán (1998) señala un aproximado a 180 taxones, lo cual representaría un 67% de hongos gasteroides citados en la micobiota sonorensis. Estos macromicetos poseen una mayor adaptación al medio xerófilo, gran parte de ellos se caracterizan por su textura coriácea o semileñosa, lo que les permite desarrollarse en regiones desérticas (Guzmán y Herrera, 1969). Cerca del 41% de los hongos gasteroides citados para Sonora se han recolectado en matorrales xerófilos, mientras que el 34% se ha reportado creciendo en

zonas templadas como bosques de coníferas y encinos, el 9% en pastizal así como en selva baja caducifolia y en vegetación riparia y urbana el 4 y 3% respectivamente (Esqueda *et al.*, 1996).

En el Continente Americano, *Disciseda verrucosa* se ha citado únicamente para Sonora, encontrándose en ambientes áridos, semiáridos y templados, predominando en los dos primeros (Pérez-Silva *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2007). En México, Sonora es donde se tiene el mayor número de registros para *Tulostoma* con 27 especies (Wright *et al.*, 1972; Guzmán, 1975; Wright, 1987; Esqueda *et al.*, 2004), seguido por Baja California con 10 (Moreno *et al.*, 1995).

El primer dato existente sobre el uso etnomicológico de algún hongo gasteroide fue reportado por Felger y Moser (1991), quienes registraron el uso de *Battarreoides diguetii* por los indios Seris en la costa de Hermosillo, para curar cortadas, heridas o quemaduras, aplicándose la masa de esporas del hongo (Esqueda *et al.*, 2010). Posteriormente, se registra el uso de *Calvatia rugosa* en la Sierra de Álamos, la cual se emplea para curar heridas producidas por objetos punzo cortantes (Esqueda *et al.*, 1999).

III. JUSTIFICACIÓN

Los hongos están considerados entre los organismos más importantes en el mundo debido a su papel vital en el funcionamiento de los ecosistemas, su influencia directa sobre los humanos e indirectamente en sus actividades (Esqueda *et al.*, 2010). Representan un recurso natural muy importante, ya que juegan un papel fundamental en la regulación de los ciclos biogeoquímicos, así como en el desdoblamiento de materiales orgánicos complejos como lignina, celulosa y quitina.

Las causas fundamentales de la pérdida de la diversidad biológica en todo el planeta son la destrucción de hábitats, el aumento de la población humana y representan las causas principales de la pérdida del hábitat de los hongos debido a la estrecha relación que estos organismos establecen con las especies vegetales para su desarrollo. Actualmente para la mayoría de las especies de hongos sólo existe información incompleta, limitada y el número de taxones estimado difiere significativamente según el autor. Esta carencia de información básica sobre la diversidad taxonómica tiene implicaciones relevantes sobre varios aspectos de la biología evolutiva, v.g., hipótesis filogenéticas, relaciones coevolutivas, interpretación de patrones biogeográficos, aprovechamiento integral de los programas de monitoreo, entre otros (Mueller y Schmit, 2007).

A pesar de ser considerada una Región Prioritaria para la Conservación, la Sierra de Mazatán no cuenta con estudios micológicos. Así, el presente trabajo será la primera

contribución al conocimiento taxonómico de hongos gasteroides. Es necesario tener una estimación aproximada de la diversidad taxonómica de hongos para su inclusión en los programas de conservación de la biodiversidad. Además, algunas especies poseen asociaciones micorrizógenas, las cuales aumentan la productividad forestal.

IV. HIPÓTESIS

Los factores bióticos y abióticos son determinantes para el establecimiento y la diversidad de los hongos gasteroides en la Sierra de Mazatán, encontrándose diferencias entre las especies existentes en los distintos tipos de vegetación.

V. OBJETIVOS

V.1 Objetivo general

Relacionar la diversidad y ecología de hongos gasteriodes, mediante muestreos durante las cuatro estaciones del año en tres tipos de vegetación, para coadyuvar en el conocimiento sobre la biodiversidad en la Sierra de Mazatán.

V.2 Objetivos específicos

Determinar las especies de hongos gasteroides presentes en la Sierra de Mazatán.

Caracterizar los factores bióticos y abióticos de las áreas donde se desarrollaran los hongos gasteroides.

Analizar la relación entre los factores ambientales y la diversidad de hongos gasteroides.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI. 1 Localización y descripción del área de estudio

La Sierra de Mazatán se localiza a 88 km al Este de Hermosillo, entre los 29° 01' 12" y 29 °12' 00" Latitud Norte y entre los 110° 06' 36" y 110° 16' 12" Longitud Oeste. Ocupa una superficie de 12,814 ha y pertenece a los municipios de Ures, Mazatán, Villa Pesqueira y Nácori Grande (CONANP, 2008). Fisiográficamente se ubica en la provincia Desierto Sonorense y la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses (INEGI, 2009). Está comprendida principalmente por matorral subtropical, contando con bosque de encino en la parte elevada y planicies semidesérticas por mezquital (INEGI, 1997b).

VI.2 Trabajo de campo

VI.2.1 Selección de localidades de muestreo

Las localidades se seleccionaron con base en imágenes satelitales considerando los diferentes tipos de vegetación (Bosque de Encino, Matorral Subtropical y Mezquital) y la facilidad de acceso. Todos los sitios se georreferenciaron con un GPS Garmin eTrex Vista HCx, utilizando el Datum WGS84.

VI.2.2 Recolección de hongos gasteroides

La recolección se realizó de septiembre 2008 a julio 2009 mediante cuatro muestreos, uno por cada estación del año. Se estudió una localidad por cada tipo de

vegetación – mezquital, matorral subtropical y bosque de encino – con un esfuerzo de muestreo de cuatro horas por sitio. Los cuerpos fructíferos recolectados se caracterizaron en cuanto a tamaño, hábitat, hábito, tipo de sustrato y en ocasiones algunas reacciones microquímicas de acuerdo a las técnicas convencionales en micología (Cifuentes *et al.*, 1986).

VI.2.3 Muestras de suelo

Se realizó un análisis físico y químico del suelo por localidad. Se recolectó una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg a una profundidad de 5–30 cm en junio 2009, conformada por tres submuestras tomadas al azar, se removió la capa de materia orgánica. Para el análisis edafológico se determinó porcentaje de saturación, pH, porcentaje de materia orgánica total (método de incineración), Ca + Mg (método del versenato), Na⁺ no soluble (método electrométrico), intensidad salina (puente de conductividad eléctrica de Wheatstone), textura del suelo (método del hidrómetro de Bouyoucos), densidad aparente (método de la probeta), N-NO₃⁻ (método del ácido fenol disulfónico), P-PO₄⁼ (método de Bray-PI) y K⁺ (método electrométrico) (Castellanos *et al.*, 2000).

VI.2.4 Muestreo de vegetación

En Bosque de Encino se utilizó la técnica de puntos en cuadrante debido a que se trata de un bosque abierto donde se localizaron seis puntos al azar, se dividió la zona que rodea a cada punto en cuatro cuadrantes (Fig.1). Para cada cuadrante se localizó el

arbusto y el árbol más cercano al punto de muestreo y se midió la distancia. Se identificaron los dos individuos y se midió su altura y cobertura foliar.

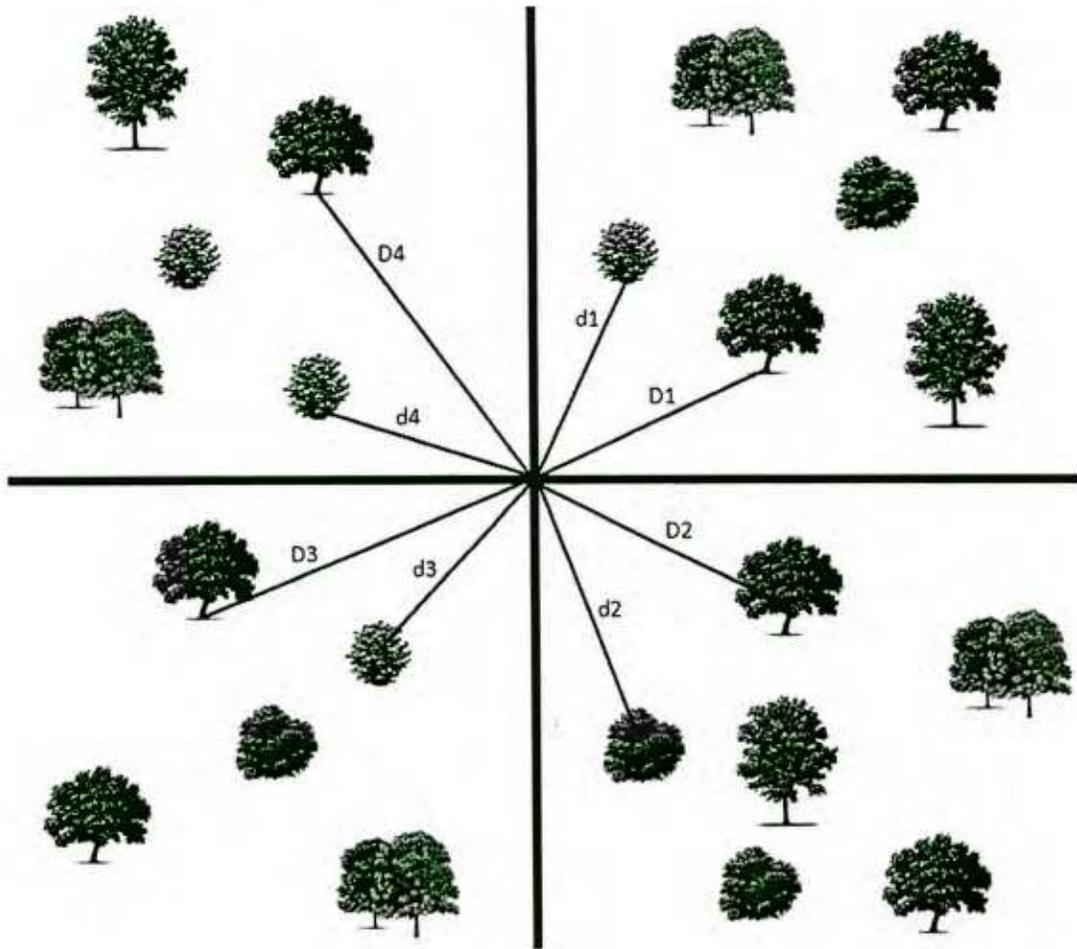


Figura 1. Esquema de muestreo en técnica puntos en cuadrante.

Para el cálculo de frecuencia, dominancia, densidad e importancia relativa se utilizaron las siguientes fórmulas:

Área media

$$\text{Área media} = \left(\frac{\text{suma de distancia}}{\text{núm. ind. muestreados}} \right)^2$$

Densidad total

Densidad

$$\text{Densidad total} = \frac{\text{unidad de área}}{\text{área media}}$$

$$\text{Den. sp.} = \text{Número de individuos de la sp.} / \text{Área total de muestreo}$$

$$\text{Den. t} = \Sigma \text{ de la Densidad de todas las especies}$$

$$\text{Den. R sp.} = (\text{Den. sp.} / \text{Den. t}) 100$$

Donde:

Den. sp. = Densidad de la especie, **Den. t** = Densidad total de todas las especies y **Den.**

R sp. = Densidad relativa de la especie

Dominancia

$$\text{Dom. sp.} = \text{Cobertura de la sp.} / \text{Área total de muestreo}$$

$$\text{Dom. t} = \Sigma \text{ de la dominancia de todas las especies}$$

$$\text{Dom. R sp.} = (\text{Dom. sp.} / \text{Dom. t}) 100$$

Donde:

Dom. sp. = Dominancia de la especie, **Dom. t** = Dominancia total de todas las especies y **Dom. R sp.** = Dominancia relativa de la especie

Frecuencia

Frec. sp. = Número de lotes en los que ocurre la especie / Número total de lotes

Frec. t = Σ de la frecuencia de todas las especies

$$\text{Frec. R sp.} = (\text{Frec. sp.} / \text{Frec. t}) 100$$

Donde:

Frec. sp. = Frecuencia de la especie, **Frec. t** = Frecuencia total de todas las especies y **Frec. R sp.** = Frecuencia relativa de la especie

Valor de importancia

$$\text{V.I.} = \text{Den. R sp.} + \text{Dom. R sp.} + \text{Frec. R sp.}$$

Donde:

V.I. = Valor de importancia de la especie

En matorral subtropical y mezquital se aplicó la técnica de círculos (Fig. 2). Para el matorral subtropical se realizaron cuatro círculos de 10 m de diámetro y dos círculos

del mismo diámetro para el mezquital. A cada planta se le determinó altura y cobertura foliar.

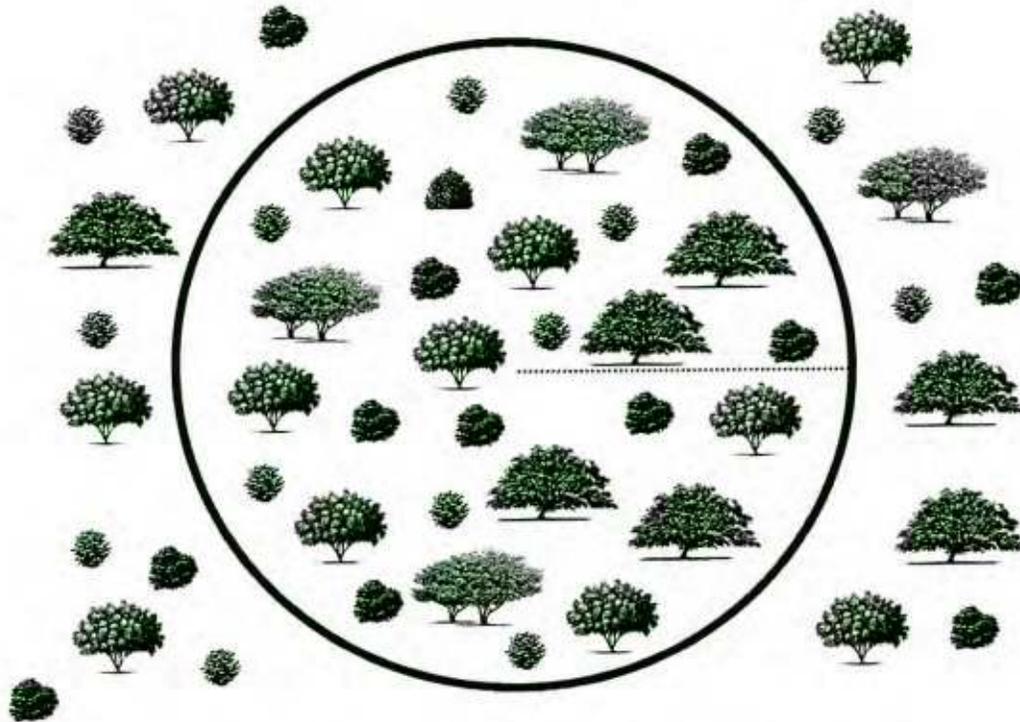


Figura 2. Esquema de muestreo en técnica de círculos.

Para calcular densidad, abundancia, dominancia y valor de importancia se utilizaron las siguientes fórmulas:

Densidad

Den. sp. = Número de individuos de la sp. / Área total de muestreo

Den. t = Σ de la Densidad de todas las especies

Den. R sp. = (Den. sp. / Den. t) 100

Donde:

Den. sp. = Densidad de la especie, **Den. t** = Densidad total de todas las especies, **Den. R sp.** = Densidad relativa de la especie

Dominancia

Dom. sp. = Cobertura de la sp. / Área total de muestreo

Dom. t = Σ de la dominancia de todas las especies

Dom. R sp. = (Dom. sp. / Dom. t) 100

Donde:

Dom. sp. = Dominancia de la especie, **Dom. t** = Dominancia total de todas las especies
y **Dom. R sp.** = Dominancia relativa de la especie

Frecuencia

Frec. sp. = Número de lotes en los que ocurre la especie / Número total de lotes

Frec. t = Σ de la frecuencia de todas las especies

Frec. R sp. = (Frec. sp. / Frec. t) 10

Donde:

Frec. sp. = Frecuencia de la especie, **Frec. t** = Frecuencia total de todas las especies y

Frec. R sp. = Frecuencia relativa de la especie

Valor de importancia

$$\text{V.I.} = \text{Den. R sp.} + \text{Dom. R sp.} + \text{Frec.R sp.}$$

Donde:

V.I. = Valor de importancia de la especie, **Den. R sp.:** Densidad relativa de la especie, **Dom. R sp.:** Dominancia relativa de la especie., **Frec. R sp.:** Frecuencia relativa de la especie.

El cálculo de todas las fórmulas mencionadas se realizó en una hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel 2007.

VI.3 Trabajo de laboratorio

VI.3.1 Determinación de hongos gasteroides

Para la caracterización y descripción de los especímenes a nivel microscópico se hicieron cortes con navaja con el apoyo del microscopio estereoscopio. Se realizaron preparaciones de la gleba (esporas y capilicio) que fueron montadas en agua destilada o con KOH 5%, solución de Melzer, azul de algodón lactofenol y medio de Hoyer para su observación en el microscopio óptico y para la realización de la medición de las esporas.

Una vez realizada la caracterización macro- y microscópica, se llevó a cabo la identificación con base en Bowerman (1961), Guzmán (1970), Sunhede (1989), Wright (1987), entre otras y se siguió el sistema de clasificación de Kirk *et al.*(2001). Se tomaron fotografías y realizaron esquemas de estructuras clave en la determinación de los distintos taxones. Los ejemplares forman parte de la colección del Herbario de Hongos Dr. Martín Esqueda Valle del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.

VI.4 Índices de diversidad y similitud (cualitativos y cuantitativos) para vegetación y hongos gasteroides

Para determinar las relaciones entre los macromicetos y la vegetación presente en las tres localidades se calcularon los índices de diversidad según Shannon, equidad de Pielou, dominancia de Simpson y similitud según Jaccard. El primer índice de diversidad utilizado en ecología fue propuesto por Simpson en 1949 (Ludwig *et al.*, 1988).

Índice de Shannon-Wiener

$$H = -\sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = incertidumbre promedio por especies en una comunidad, S = número de especies, p_i =proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i , \ln = logaritmo natural. H' se estima como en el ejemplo siguiente:

$$\hat{H}' = - \sum_{i=1}^S [(n_i/n) \ln (n_i/n)]$$

Donde:

n_i , es el número individual de (i) especies y n es el número total conocido de individuos de todas las (S) especies en la población.

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Peet, 1974; Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). Así mismo Ludwig *et al.* (1988) mencionan que el índice de Shannon-Wiener (H') se ha utilizado ampliamente en comunidades ecológicas y está basado en la teoría de Shannon y Weaver (1949).

Índice de equidad de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Índice de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

λ : coeficiente de Simpson, p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Peet, 1974; Magurran, 1988).

Índice de Similitud de Jaccard

$$ISJ = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

ISJ: coeficiente de similitud de Jaccard, **a**: Especies únicas de muestra a, **b**: Especies únicas de muestra b, **c**: Número de especies comunes en ambos sitios.

El coeficiente se basa en presencia–ausencia de especies. Expresa la proporción de taxones comunes con relación a todas las especies encontradas en dos sitios comparados (Krebs, 1972). Para el cálculo de índices de similitud se utilizó el IIBSoft Versión 1.0. Para los índices de diversidad se empleó un formato en una hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2007 donde se introdujeron las fórmulas.

VI.5 Análisis cofenético

Con la finalidad de conocer las relaciones entre las especies fúngicas respecto al tipo de vegetación y/o la estación del año, se realizó un análisis de conglomerados con ayuda del programa NCSS ver. 2001.

VII. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

VII.1 Características generales

La sierra de Mazatán se ubica en las coordenadas 28° 58' – 29° 30' Latitud Norte y 109° 50' - 110° 33' Longitud Oeste (INEGI, 1997a). El macizo montañoso es un “núcleo complejo metamórfico” aislado (Anderson, 1980) (Fig. 3). Dentro de esta sierra se encuentra la Región Terrestre Prioritaria para la Conservación 039 de la CONABIO. Constituye una geoforma muy bien definida a partir de la cota de los 600 msnm, excepto al este donde limita con un puerto que se forma al constituir esta serranía una estribación de la Sierra Madre Occidental.

El criterio considerado para la delimitación del lindero de la región fue el altimétrico, utilizando la cota de 600 msnm como base y hacia el este, el puerto que se forma al constituir la sierra una estribación de la Sierra Madre Occidental. (Arriaga *et al.*, 2000). En la actualidad no pertenece a las “islas del cielo” del Noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos. Sin embargo se encuentra a 80 km al sur de la Sierra de Aconchi, el elemento más austral del archipiélago Medreano (Sánchez *et al.*, 2005). El tipo de vegetación dominante es bosque de encino por arriba de la cota de 1,200 msnm, bordeado por matorral subtropical ubicado entre los 600 y 1,200 msnm. En la parte externa de la región, hacia el sur se presenta matorral subtropical alterado, al norte mezquital y al oriente y poniente agricultura de riego.



Figura. 3. Mapa de localización de la Sierra de Mazatán.

VII.2 Aspectos climáticos y porcentaje de superficie

La Sierra Mazatán se encuentra dentro de la región hidrológica Sonora Sur (RH-9) (INEGI, 2009). El clima es de tipo BS1h(x') semiárido, templado, temperatura media anual mayor de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de 18°C y la temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C, con lluvias de verano mayores al 18% anual, ocupa un 80% de la superficie. El 20% restante corresponde al tipo de clima BS1k(x') semiárido, templado, con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C, la temperatura del mes más frío oscila entre -3 y 18 °C, mientras que la temperatura del mes más caliente es menor de 22 °C, con lluvias de verano mayores al 18% anual.

Los principales tipos de suelos son Regosol éutrico (RGe) (FAO-UNESCO, 1989); es un suelo procedente de materiales no consolidados con una susceptibilidad a la erosión de moderada alta; posee un único horizonte A claro, con muy poco carbono orgánico, demasiado delgado, duro y macizo a la vez cuando se seca y no tiene propiedades sálicas. El subtipo éutrico tiene un grado de saturación de 50% o más de los 20-50 cm superficiales y sin presencia significativa de calcio, representando el 84% de la superficie. El Calcisol pétrico CLp (FAO-UNESCO, 1989) corresponde a un suelo con una acumulación muy importante de carbonato de calcio y con un horizonte petrocálcico, caracterizado por un horizonte cálcico continuo, endurecido o cementado por carbonato cálcico y/o magnésico, aunque como componente accesorio puede presentar sílice, cuyo grado de cementación puede ser tan grande que sus fragmentos secos no se desmoronan en agua y las raíces no lo pueden penetrar; es masivo o de

estructura laminar, extremadamente duro cuando está seco, habitualmente con un espesor mayor de 10 cm. Posee un horizonte A ócrico, muy claro, con muy poco carbono orgánico, muy delgado, duro y macizo cuando se seca. Carece de propiedades sálicas y gleicas (alta saturación con agua) en los 100 cm superficiales. Agricultura, pecuario y forestal son actividades que hacen uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o temporal y representa sólo el 2% de la superficie de la zona.

VII.3 Aspectos bióticos

La Sierra de Mazatán presenta ecosistemas desde ambientes áridos en el piedemonte hasta templados en la parte montañosa. Los principales tipos de vegetación y uso de suelo de esta región son, matorral subtropical caracterizado por ser una zona de transición de selvas bajas caducifolias y matorral árido, por debajo de los 800 m; en porcentaje de superficie representa un 71%. El bosque de encino caracterizado por la dominancia de *Quercus*, suele estar en climas templados y en altitudes mayores a los 800 m, el porcentaje de superficie de este tipo de vegetación es de 27% (Arriaga *et al.*, 2000).

La sierra funciona como un corredor ecológico, jugando un papel importante en la interacción entre la biota del desierto con la de la sierra. En ella ocurren fenómenos naturales extraordinarios, al ser considerada como una isla de la diversidad de flora y fauna templada. Sanchez *et al.* (2005) reportan 357 especies de plantas vasculares. Asimismo, el área se destaca por la presencia de especies consideradas dentro de las

categorías de protección como la tortuga del desierto (*Gopherus agassizi*), el monstruo de Gila (*Heloderma suspectum*), la palma de la virgen (*Dioon sonorensis*), el cardenal (*Cardinalis cardinalis*), el cenizote norteño (*Mimus polyglottos*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Partes de la sierra presentan tres especies de encino, *Quercus chihuahuensis*, *Q. graciliformis* y *Q. oblongifolia* (Arriaga et al., 2000)

La problemática ambiental de la región reincide en el desarrollo de la ganadería extensiva, la transformación del desierto por praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliaris*) y el sobrepastoreo.

VIII. RESULTADOS

VIII.1 Micobiota

Como resultado del muestreo realizado en la Sierra de Mazatán se recolectaron y revisaron 139 especímenes que corresponden a 37 especies, comprendidas en tres órdenes, Agaricales con una familia, Agaricaceae, orden Boletales representado por dos familias, Diplocystidiaceae y Sclerodermataceae y finalmente, el orden Geastrales con una familia, Geastraceae (Cuadro 1).

La familia Agaricaceae fue representada por ocho géneros con 25 especies, *Agaricus* (1), *Battarreoides* (1), *Calvatia* (2), *Cyathus* (1), *Disciseda* (4), *Endoptychum* (1), *Lycoperdon* (6) y *Tulostoma* (9). Este último con un nuevo registro para el Continente Americano: *T. gracilipes*. Ocho especies se adscriben a dos géneros incluidos en la familia Geastraceae, siendo el género *Geastrum* el mejor representado con siete especies y un taxón correspondiente a *Myriostoma*. Para la familia Diplocystidiaceae, se determinó una sola especie: *Astraeus hygrometricus*, recolectada únicamente en bosque de encino durante las cuatro estaciones del año. La familia Sclerodermataceae fue representada por un género: *Scleroderma*, identificándose tres especies: *S. albidum*, *S. cepa* y *S. verrucosum*.

En mezquital se encontró un total de 22 especies durante los cuatro muestreos. El género mejor representado fue *Tulostoma* con nueve especies y un ejemplar identificado hasta género, seguido por *Disciseda* con cuatro taxones y *Geastrum* con tres especies.

Cuadro 1. Listado y arreglo taxonómico de las especies recolectadas.

Orden	Familia	Especie
Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus deserticola</i> G. Moreno, Esqueda y Lizárraga
		<i>Battarreoides diguetii</i> (Pat. y Har.) R. Heim y T. Herrera
		<i>Calvatia bicolor</i> (Lév.) Kreisel
		<i>Calvatia craniiformis</i> (Schwein.) Fr.
		<i>Cyathus stercoreus</i> (Schwein.) De Toni
		<i>Disciseda bovista</i> (Klotzsch) Henn.
		<i>Disciseda candida</i> (Schwein.) Lloyd
		<i>Disciseda hyalothrix</i> (Cooke y Masee) Hollós
		<i>Disciseda verrucosa</i> G. Cunn.
		<i>Endoptychum arizonicum</i> (Shear y Griffiths) Singer y A.H. Sm.
		<i>Lycoperdon lividum</i> Pers.
		<i>Lycoperdon perlatum</i> var. <i>peckii</i> (Morgan) Bowerman
		<i>Lycoperdon perlatum</i> var. <i>excoriatum</i> (Lloyd) F. Šmarda
		<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.
		<i>Lycoperdon pyriforme</i> Schaeff.
		<i>Lycoperdon rimulatum</i> Peck
		<i>Tulostoma albicans</i> V.S. White
		<i>Tulostoma floridanum</i> Lloyd
		<i>Tulostoma gracilipes</i> J.E. Wright
		<i>Tulostoma macrosporum</i> G. Cunn.
		<i>Tulostoma meridionale</i> J.E. Wright
		<i>Tulostoma pygmaeum</i> Lloyd
		<i>Tulostoma subsquamosum</i> Long y S. Ahmad
		<i>Tulostoma squamosum</i> Pers.
		<i>Tulostoma xerophilum</i> Long
		<i>Tulostoma</i> sp.
		Boletales
Sclerodermataceae	<i>Scleroderma albidum</i> Pat. y Trab.	
	<i>Scleroderma cepa</i> Pers.	
	<i>Scleroderma verrucosum</i> (Bull.) Pers.	

Cuadro 1. Continuación...

Orden	Familia	Especie
Geastrales	Geastraceae	<i>Geastrum berkeleyi</i> Masee <i>Geastrum fimbriatum</i> Fr. <i>Geastrum kotlabae</i> V.J. Staněk <i>Geastrum lageniforme</i> Vittad. <i>Geastrum minimum</i> Schwein. <i>Geastrum pectinatum</i> Pers. <i>Geastrum saccatum</i> Fr. <i>Myriostoma coliforme</i> (Dicks.) Corda

Durante las cuatro colectas realizadas en el matorral subtropical se determinaron ocho especies: *Geastrum* (4), *Disciseda* (2) y *Tulostoma* (2). Para bosque de encino se registraron 17 taxones pertenecientes a ocho géneros durante las cuatro colectas. Los géneros mejor representados corresponden a *Lycoperdon* (5), *Scleroderma* (4) y *Geastrum* (3).

El número de taxones identificados para mezquital fue el más alto, correspondiendo la mayoría al género *Tulostoma*. Dicho género fue el mejor representado con nueve especies, *T. macrosporum* se encontró en este tipo de vegetación durante verano y otoño. *T. xerophilum* se registró en otoño y primavera. *T. meridionale* se colectó únicamente en el otoño, mientras que *T. subsquamosum* en primavera y *T. squamosum* en invierno, todas restringidas a mezquital. *T. albicans* y *T. pygmaeum* se encontraron en mezquital y matorral subtropical. *T. floridanum* fue la única especie perteneciente a este género colectada en bosque de encino. *T. gracilipes* se registra por vez primera en el continente Americano, asociado con *Phaulothamnus spinescens* en mezquital durante el otoño (Piña *et al.*, 2010).

El género *Disciseda* fue representado por cuatro especies, *D. hyalothrix* se recolectó durante otoño e invierno en mezquital y en matorral subtropical en primavera. *D. verrucosa* se registró durante el otoño asociada a mezquital y matorral subtropical. *D. bovista* y *D. candida* se colectaron en mezquital, la primera en invierno y la segunda, en otoño e invierno.

Geastrum lageniforme prevaleció en el matorral subtropical durante tres estaciones del año y en mezquital en dos épocas. También *G. kotlabae* se registró en ambos tipos de vegetación. *G. berkeleyi* se observó en mezquital y bosque de encino en verano e invierno respectivamente. *G. saccatum* y *G. pectinatum* se colectaron únicamente en matorral subtropical, mientras que *G. fimbriatum* y *G. minimum* restringieron su distribución a bosque de encino.

Agaricus deserticola se encontró únicamente durante el verano en mezquital; es una especie con una distribución amplia, fructifica en bordes de caminos, pastizales, zonas abiertas de vegetación riparia y matorral desértico (Ochoa y Moreno, 2006). *Battarreoides diguetii* se registró durante el verano y el invierno exclusivamente en mezquital. *Calvatia bicolor* se presentó durante el otoño y *Myriostoma coliforme* en invierno, ambas restringiendo su distribución a mezquital. *Endoptychum arizonicum* estuvo en bosque de encino y mezquital, durante otoño e invierno respectivamente.

Astraeus hygrometricus se recolectó durante las cuatro estaciones del año, únicamente en bosque de encino. El género *Scleroderma* está también asociado

exclusivamente a bosque de encino; las tres especies identificadas se colectaron en primavera. *Calvatia craniiformis* estuvo asociada solamente con este tipo de vegetación, colectada en tres épocas del año. *Cyathus stercoreus* se encontró en bosque de encino durante verano y otoño.

El género *Lycoperdon* asociado exclusivamente a climas templados como en el bosque de encino, estuvo presente durante verano, otoño e invierno. En verano se observaron cuatro especies: *L. lividum*, *L. perlatum* var. *peckii*, *L. pyriforme* y *L. rimulatum*. *L. pyriforme*, la única especie lignícola de este género, se colectó sobre un tronco de *Quercus* sp. en descomposición. En otoño se registró únicamente *L. perlatum* var. *excoriatum*. Durante el invierno se recolectó nuevamente: *L. lividum* y *L. perlatum*.

VIII.2 Diversidad fúngica con base en los tipos de vegetación

La mayor riqueza fue con 22 especies registradas para el mezquital. En tanto que en bosque de encino fue de 18 especies y en el matorral subtropical, 8 taxones (Fig. 4). Los valores para el índice de Shannon-Wiener se muestran en la Figura 5. El matorral subtropical presentó el menor índice de diversidad de Shannon-Wiener (1.24), seguido del bosque de encino (2.43) y el mezquital (2.90); además en este tipo de vegetación se registró la mayor equidad en la distribución de especies con 0.94.

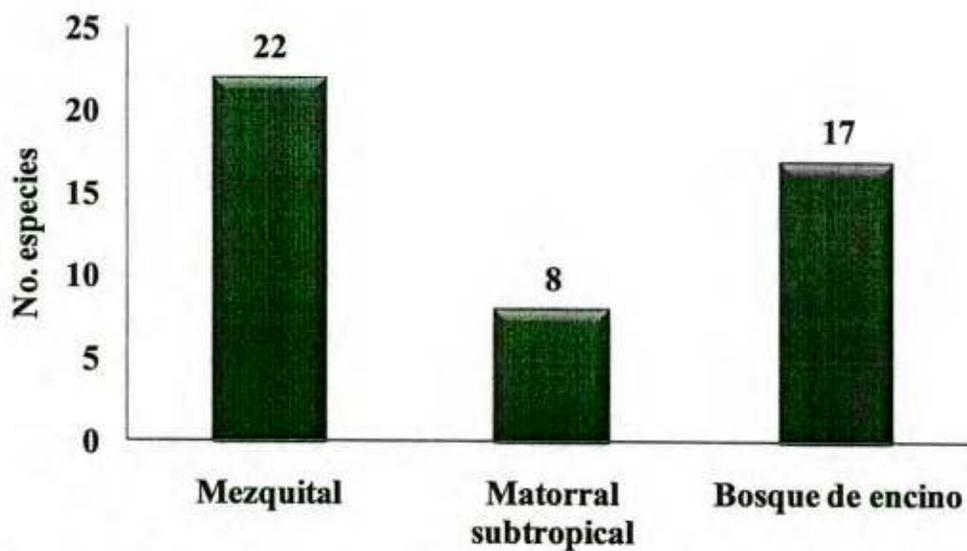


Figura 4. Riqueza de especies de hongos gasteroides por tipo de vegetación.

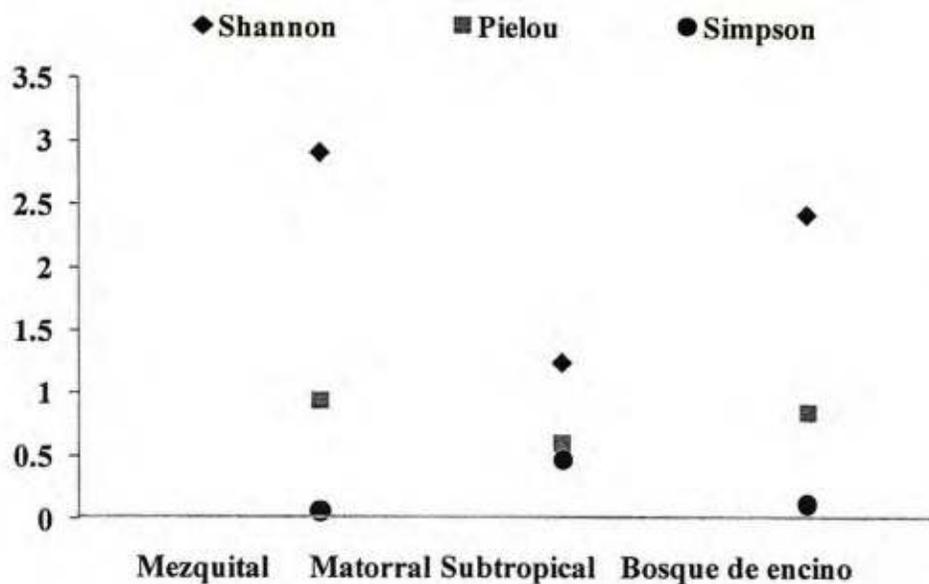


Figura 5. Índices de Shannon, Pielou y Simpson de hongos gasteroides por tipo de vegetación.

El coeficiente de Jaccard aplicado para evaluar la similitud en la composición de especies fúngicas entre los tipos de vegetación, resultó más alto entre mezquital y

matorral subtropical con el 26%. Éstos presentaron cuatro especies en común: *Disciseda verrucosa*, *D. hyalothrix*, *Geastrum lageniforme* y *G. kotlabae*. Entre mezquital y bosque de encino se registró una similitud del 6%, compartiendo dos especies: *Endoptychum arizonicum* y *Geastrum berkeleyi*. El coeficiente de similitud entre matorral subtropical y bosque de encino fue de cero.

VIII.3 Diversidad fúngica con base en las estaciones del año

El número de basidiomas recolectados durante las cuatro estaciones del año fue variable. Durante verano y otoño se registraron los valores más altos, seguido de invierno y el menor valor, en primavera (Fig. 6). La riqueza fúngica varió según el tipo de vegetación a lo largo del año. En mezquital el valor más alto se presentó durante otoño y el menor, en primavera. En matorral subtropical la estación primaveral registró la mayor riqueza, mientras que en verano y otoño el valor más bajo. En bosque de encino la estación con el valor más alto se registró en el verano y el menor, en primavera (Fig. 7).

En la Figura 8 se muestran los valores para el índice de Shannon en logaritmo base 10 expresado en bits/individuo. En primavera se presentó el menor valor (2.16), seguido de invierno (2.45), otoño (2.50) y verano (2.80). El índice de Jaccard se calculó para conocer la similitud en la composición de las especies de hongos entre las cuatro estaciones del año. El coeficiente más alto se presentó entre primavera e invierno con seis especies en común con un valor de 32%. El índice entre otoño e invierno fue de 31% con ocho especies en común. Entre primavera y otoño se registró una similitud del

29%, compartiendo seis especies. El valor del índice entre verano e invierno fue de 17%, teniendo en común cuatro taxones. Entre verano y otoño se registró una similitud de 16% con cinco especies en común. El coeficiente de similitud menor fue de 12 % entre las estaciones de primavera y verano, compartiendo tres especies.

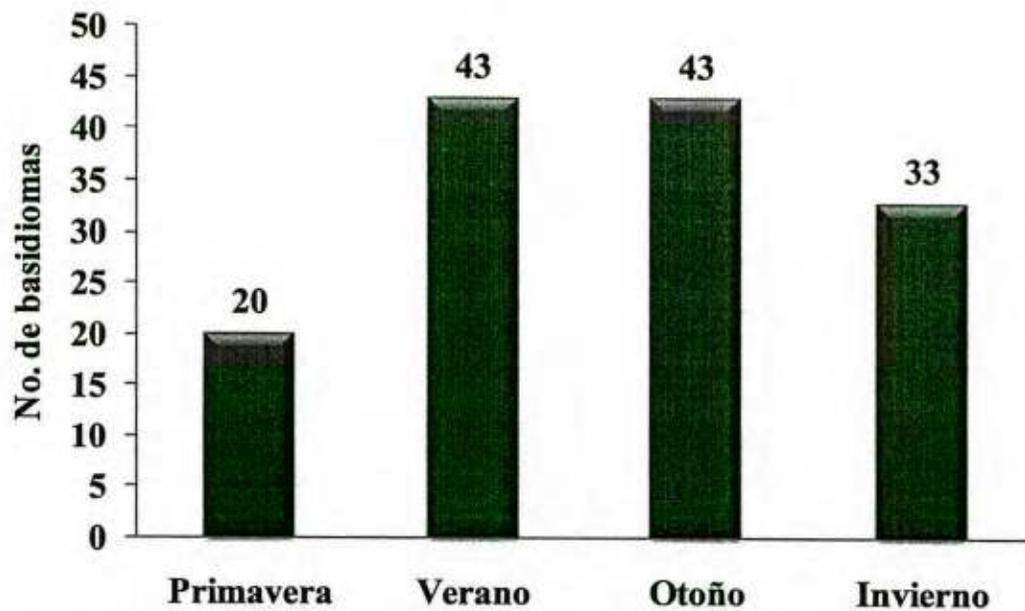


Figura 6. Recolección de basidiomas durante las cuatro estaciones del año.

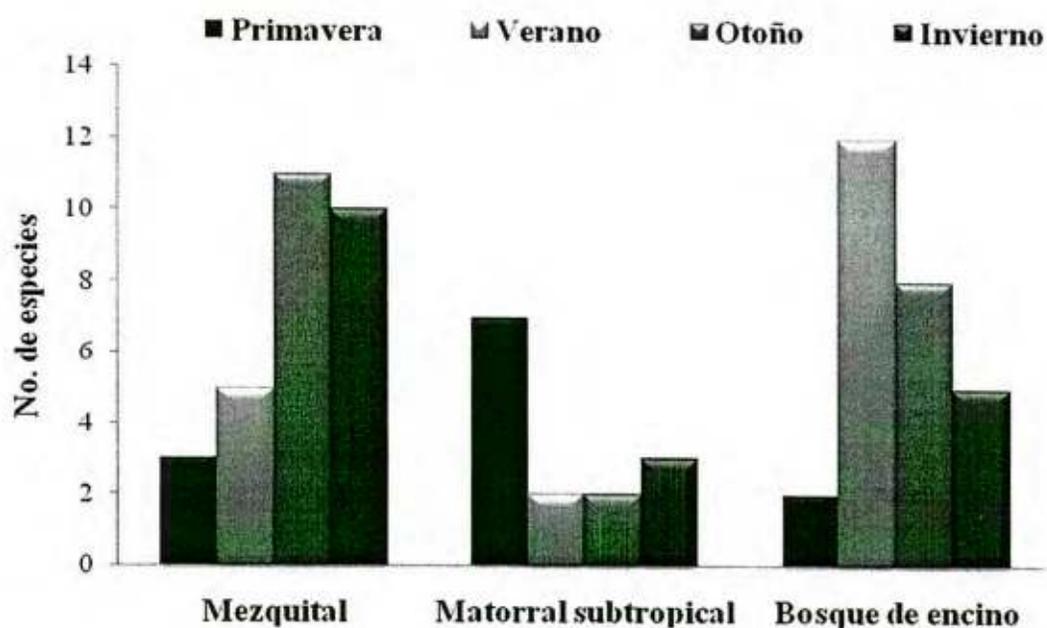


Figura 7. Riqueza de especies de hongos gasteroides.

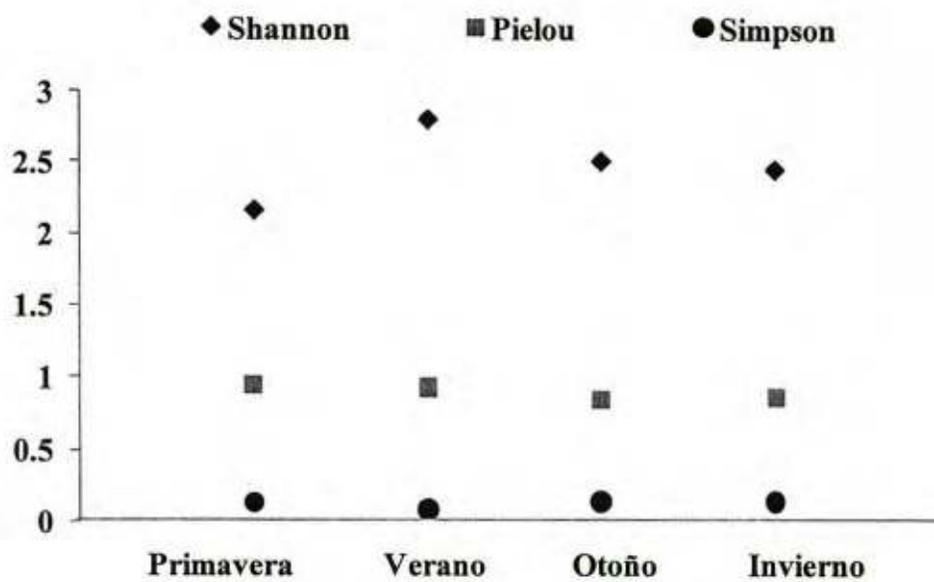


Figura 8. Indices de Shannon, Pielou y Simpson de hongos gasteroides respecto a las estaciones del año.

Cuadro 2. Distribución de especies de hongos gasteroides en Sierra de Mazatán.

Especies	Mezquital			Matorral subtropical			Bosque de Encino			
	P	V	O	P	V	O	P	V	O	
Familia AGARICACEAE										
<i>Agaricus deserticola</i> G. Moreno, Esqueda y Lizárraga		♦								
<i>Battarreoidesdiguetii</i> (Pat. y Har.) R. Heim y T. Herrera		♦								
<i>Calvatia bicolor</i> (Lév.) Kreisel			♦							
<i>Calvatia craniiformis</i> (Schwein.) Fr.							♦		♦	♦
<i>Cyathus stercoreus</i> (Schwein.) De Toni									♦	
<i>Disciseda bovista</i> (Klotzsch) Henn.				♦						
<i>Disciseda candida</i> (Schwein.) Lloyd			♦	♦						
<i>Disciseda hyalothrix</i> (Cooke y Masee) Hollós			♦	♦		♦				
<i>Disciseda verrucosa</i> G. Cunn.			♦							♦
<i>Endoptychum arizonicum</i> (Shear y Griffiths) Singer y A.H. Sm.				♦					♦	
<i>Lycoperdon lividum</i> Pers.									♦	♦
<i>Lycoperdon perlatum</i> var. <i>peckii</i> (Morgan) Bowerman								♦		
<i>Lycoperdon perlatum</i> var. <i>excoriatum</i> (Lloyd) F. Šmarda								♦		♦
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.										♦
<i>Lycoperdon periforme</i> Schaeff.									♦	
<i>Lycoperdon rimulatum</i> Peck									♦	
<i>Tulostoma albicans</i> V.S. White			♦							
<i>Tulostoma floridanum</i> Lloyd										♦
<i>Tulostoma gracilipes</i> J.E. Wright			♦							

Cuadro 2. Continuación...

Especies	Mezquital						Matorral subtropical						Bosque de Encino																							
	P		V		O		I		P		V		O		I		P		V		O		I													
Familia AGARICACEAE																																				
<i>Tulostoma macrosporum</i> G. Cunn.																																				
<i>Tulostoma meridionale</i> J.E. Wright																																				
<i>Tulostoma pygmaeum</i> Lloyd																																				
<i>Tulostoma subsquamosum</i> Long y S. Ahmad																																				
<i>Tulostoma squamosum</i> Pers.																																				
<i>Tulostoma xerophilum</i> Long																																				
<i>Tulostoma</i> sp.																																				
Familia DIPLOCYSTIDIACEAE																																				
<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan																																				
Familia GEASTRACEAE																																				
<i>Geastrum berkeleyi</i> Masee																																				
<i>Geastrum fimbriatum</i> Fr.																																				
<i>Geastrum kollabae</i> V.J. Staněk																																				
<i>Geastrum lageniforme</i> Vittad.																																				
<i>Geastrum minimum</i> Schwein.																																				
<i>Geastrum pectinatum</i> Pers.																																				
<i>Geastrum saccatum</i> Fr.																																				
<i>Myriostoma coliforme</i> (Dicks.) Corda																																				
Familia SCLERODERMATACEAE																																				
<i>Scleroderma albidum</i> Pat. y Trab.																																				
<i>Scleroderma cepa</i> Pers.																																				
<i>Scleroderma verrucosum</i> (Bull.) Pers.																																				

VIII.2 Análisis de vegetación

En los tres tipos de vegetación se registraron 28 especies de plantas pertenecientes a 15 familias, siendo Fabaceae la mejor representada con seis especies, seguida de Cactaceae y Euphorbiaceae con tres especies cada una (Cuadro 3). Se tomaron en consideración dos estratos: Arbóreo (EA) y Arbustivo (EAR). El mezquital resultó con más especies en el estrato arbustivo vs. arbóreo. Las especies de mayor importancia en el EA fueron *Acacia cochliacantha*, *Olneya tesota* y *Randia obcordata*. En el EAR los taxones de mayor importancia correspondieron a *Phaulothamnus spinescens*, *Mimosa dysocarpa* y *Jatropha cardiophylla*. En matorral subtropical, el estrato arbustivo tuvo mayor número de especies, siendo *Jatropha cordata*, *Ipomoea arborescens* y *Lysiloma divaricatum*, los taxones con mayor importancia en el EA y *Abutilon incanum* y *Croton sonorae*, las especies con valores de importancia más elevados en el EAR. En bosque de encino, se observó el EAR con mayor número de taxones, teniendo *Opuntia wilcoxii* el mayor valor de importancia. En el EA, *Quercus oblongifolia* y *Q. chihuahuensis* presentaron los valores de importancia más altos.

VIII.2.1 Diversidad florística

La mayor riqueza se registró en matorral subtropical con 20 especies, seguido de mezquital y bosque de encino con el valor menor (Fig. 9). El matorral subtropical presentó la mayor riqueza con 20 especies, 17 y 8 en mezquital y bosque de encino respectivamente. La riqueza es incluyendo las especies observadas en los sitios.

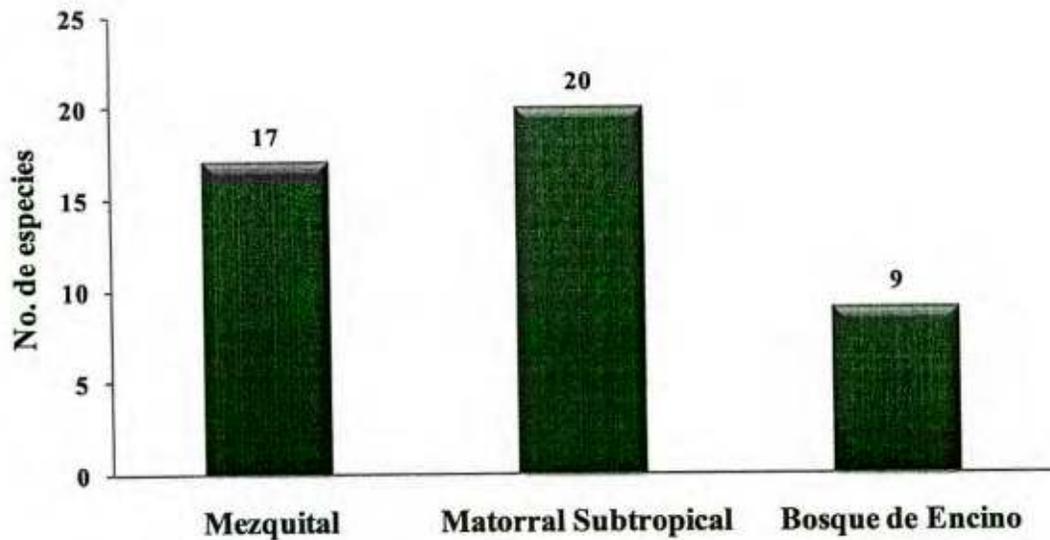


Figura 9. Riqueza de especies florísticas por tipo de vegetación.

Los valores para el índice de Shannon-Wiener se comportaron de la siguiente manera: mezquital presentó el mayor valor con 2.20, seguido de matorral subtropical (2.10) y bosque de encino (1.14) (Fig. 10). El coeficiente de Jaccard mayor se presentó entre mezquital y matorral subtropical con un 15%. Éstos presentaron cuatro especies en común: *Abutilon incanum*, *Fouquieria macdougalii*, *Mimosa dysocarpa* y *Opuntia thurberi*. El valor del índice de similitud entre mezquital y bosque de encino, así como entre matorral subtropical y bosque de encino es de cero.

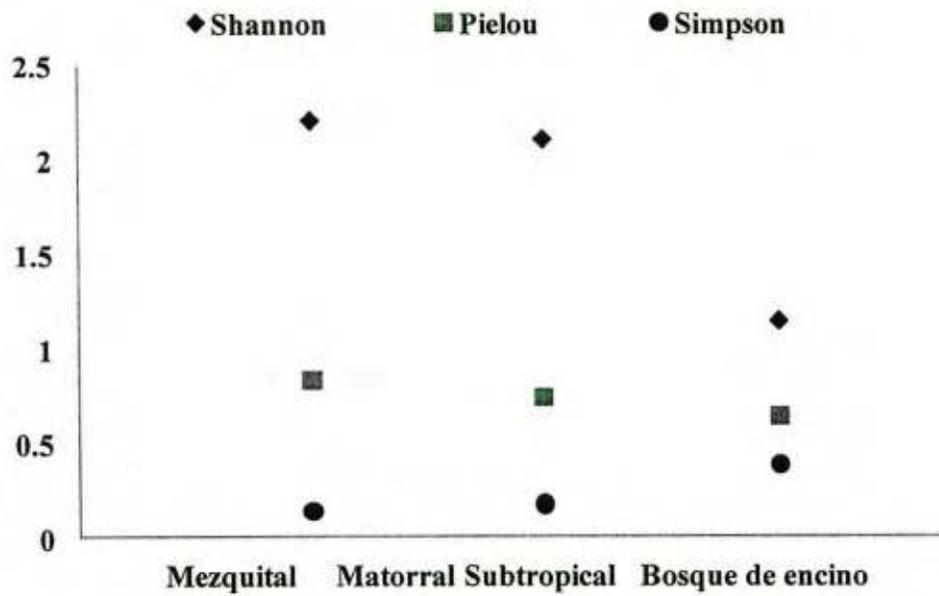


Figura 10. Índice de Shannon, Pielou y Simpson de los tipos de vegetación.

Cuadro 3. Análisis de vegetación en mezquital.

Especie	#	Den. (ind/m ²)	Den. (%)	Dom. (cob/m ²)	Dom. (%)	Frec.	Frec. (%)	VI
<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. y Bonpl.ex Willd.	43	0.274	47.778	1.355	40.131	1	16.667	104.576
<i>Fouquieria macdougalii</i> Nash	6	0.038	6.667	0.050	1.475	1	16.667	24.809
<i>Guaiaacum coulteri</i> A.Gray	3	0.019	3.333	0.031	0.922	0.5	8.333	12.589
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	15	0.095	16.667	1.049	31.057	1	16.667	64.390
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	5	0.032	5.556	0.268	7.931	0.5	8.333	21.820
<i>Randia obcordata</i> S. Watson	13	0.083	14.444	0.512	15.150	1	16.667	46.261
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	5	0.032	5.556	0.113	3.334	1	16.667	25.556
		100			100		100	300
<i>Abutilon incanum</i> (Link) Sweet	1	0.006	1.408	0.001	0.256	0.5	9.091	10.694
<i>Jatropha cardiophylla</i> (Torr.) Muell.-Arg.	17	0.108	23.944	0.048	14.750	0.5	9.091	44.255
<i>Phaulothamnus spinescens</i> A.Gray	26	0.166	36.620	0.103	19.929	0.5	18.182	78.728
M2	1	0.006	1.408	0.066	4.090	1	9.091	25.660
M3	1	0.006	1.408	0.013	47.834	1	18.182	22.702
<i>Mimosa dysocarpa</i> Benth.	16	0.102	22.535	0.157	13.141	1.	18.182	77.107
<i>Opuntia thurberi</i> Engelm.	9	0.057	12.676	0.0432	100	4.5	18.182	40.855
		100			100		100	300

Cob.: Cobertura. Den.: Densidad. Dom.: Dominancia. Frec.: Frecuencia. ind: individuo. VI.: Valor de importancia.

Cuadro 4. Análisis de vegetación en matorral subtropical.

Especies	#	Den. (ind/m ²)	Den. (%)	Dom. (cob/m ²)	Dom. (%)	Frec.	Frec. (%)	VI
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	5	0.021	8.065	0.289	19.501	1	16.667	44.233
<i>Bursera laxiflora</i> S. Watson	4	0.017	6.452	0.144	9.748	1	16.667	32.866
<i>Erythrina flabelliformis</i> Kearney	2	0.008	3.226	0.058	3.892	0.333	5.556	12.674
<i>Fouquieria macdougalii</i> Nash	9	0.038	14.516	0.234	15.794	0.667	11.111	41.421
<i>Ipomoea arborescens</i> Sweet	12	0.051	19.355	0.250	16.854	0.667	11.111	47.320
<i>Jatropha cordata</i> Müll. Arg.	19	0.081	30.645	0.184	12.386	1.000	16.667	59.698
<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	9	0.038	14.516	0.315	21.228	0.667	11.111	46.855
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	2	0.008	3.226	0.009	0.597	0.667	11.111	14.933
			100		100		100	300
<i>Agave angustifolia</i> Haw.	1	0.004	0.893	0.004	1.231	0.333	9.091	11.215
<i>Abutilon incanum</i> (Link) Sweet	50	0.212	44.643	0.181	55.140	0.333	9.091	108.873
<i>Carlownrightia arizonica</i> A. Gray	5	0.021	4.464	0.014	4.218	0.333	9.091	17.773
<i>Croton sonorae</i> Torr.	46	0.195	41.071	0.093	28.533	1	27.273	96.878
<i>Eysenhardtia orthocarpa</i> (A. Gray) S. Wats.	2	0.008	1.786	0.008	2.351	0.333	9.091	13.228
<i>Lantana hispida</i> Kunth	5	0.021	4.464	0.010	3.010	0.333	9.091	16.566
<i>Lycium andersonii</i> A. Gray	1	0.004	0.893	0.012	3.673	0.333	9.091	13.657
<i>Mimosa dysocarpa</i> Benth.	1	0.004	0.893	0.005	1.477	0.333	9.091	11.461
M3	1	0.004	0.893	0.001	0.366	0.333	9.091	10.350
			100		100		100	300

Cob.: Cobertura. Den.: Densidad. Dom.: Dominancia. Frec.: Frecuencia. ind: individuo. VI.: Valor de importancia

Cuadro 5. Análisis de vegetación de bosque de encino.

Especie		Den. (No. ind. por m ²)	Den. (No. ind. por ha)	Den. (%)	Dom. (%)	Frec. (%)	VI
Estrato arbóreo	<i>Quercus oblongifolia</i> Torr.	23.2948	0.00232948	45.8333	87.4147	35.2941	168.5421
	<i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.	2.1177	0.000211771	4.1667	10.6725	11.7647	26.6038
Estrato arbusitivo	<i>Agave shrevei</i> Gentry	1.0589	0.000105885	2.0833	0.0167	5.8824	7.9824
	M4	1.0589	0.000105885	2.0833	0.0091	5.8824	7.9748
	<i>Nolina microcarpa</i> S. Wats.	2.1177	0.000211771	4.1667	0.5137	5.8824	10.5627
	<i>Opuntia wilcoxii</i> Britton y Rose	21.1771	0.002117709	41.6667	1.3734	35.2941	78.3342
				100	100	100	300

Den.: Densidad. Dom.: Dominancia. Frec.: Frecuencia. No. ind.: Número de individuos. VI: Valor de importancia.

VIII.3 Análisis de suelo

El pH osciló entre 6.04 y 7.33, siendo el valor mínimo para el bosque de encino y el máximo para el mezquital. La conductividad eléctrica fue menor a 0.89 dS m^{-1} en todas las localidades, por lo que los suelos no presentan problemas de salinidad, ya que el valor crítico es 4 dS m^{-1} . Los valores de $\text{Ca} + \text{Mg cmol kg}^{-1}$ y Na mg L^{-1} y la relación de absorción de sodio (RAS) se determinaron para calcular el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), no se detectó porcentaje alguno en los sitios. La textura del suelo para los tres sitios fue de tipo Franco–Arenoso.

En matorral subtropical y bosque de encino se encontró el porcentaje más alto en cuanto a materia orgánica, con valores de 3.55 y 3.35 respectivamente; el más bajo en mezquital con 2.07%. El N-NO_3^- se presentó en un rango de 20.1 a 26.4 mg kg^{-1} . El valor mayor resultó para el matorral subtropical y el menor en el bosque de encino. El contenido de $\text{P-PO}_4^{=}$ fluctuó de 11.7 en bosque de encino hasta 17.7 mg kg^{-1} en mezquital. El K^+ varió de 112 en matorral subtropical hasta 127 cmol kg^{-1} en bosque de encino.

Cuadro 6. Análisis físico y químico del suelo.

Variables	Unidad	MS	M	BE	Niv. referencia
MO	%	3.55	2.07	3.35	2.00
pH 1-2		6.42	7.29	6.00	7.00
CE	dS m ⁻¹	0.58	0.89	0.59	1.00
N-NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	26.4	25.7	20.1	35.0
P-PO ₄ ⁼	mg kg ⁻¹	11.70	17.7	12.4	30.0
K ⁺	cmol kg ⁻¹	81	112	127	150
Ca ⁺⁺	cmol kg ⁻¹	1760	2,04	1,74	1,6
Mg ⁺⁺	cmol kg ⁻¹	160	100	120	250
S	mg kg ⁻¹	21	72	24	70
Fe	mg kg ⁻¹	18.3	9.2	58.2	6.0
Cu	mg kg ⁻¹	0.5	0.6	0.7	2.0
Zn	mg kg ⁻¹	1.6	1.7	2.3	1.8
Mn	mg kg ⁻¹	11	3.5	18.3	7.0
Na	mg L ⁻¹	78	77	65	< 100
pH	SAT	6.46	7.33	6.04	7.00
RAS		0.58	0.46	0.61	< 5
NO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	0.73	0.75	0.72	3.00
PO ₄ ⁻	meq L ⁻¹	0.10	0.12	0.12	0.10
SO ₄ ⁻	meq L ⁻¹	0.24	1.88	0.94	2.00
CO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	0.0	0.0	0.0	< 1
HCO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	2.6	3.8	2.0	< 3
Cl ⁻	meq L ⁻¹	2.2	2.4	2.2	< 5
Na ⁺	meq L ⁻¹	0.89	0.84	0.91	< 5
K ⁺	meq L ⁻¹	0.24	0.56	0.56	0.50
Ca ⁺⁺	meq L ⁻¹	3.64	6.19	3.77	5.00
Mg ⁺⁺	meq L ⁻¹	1.07	1.23	0.70	2.00
Textura		FA	FA	FA	

MO: Materia orgánica total, **pH:** Reacción del suelo, **CE:** Conductividad eléctrica, **N-NO₃⁻:** Nitrógeno de nitratos, **P-PO₄⁼:** Fósforo de fosfatos, **K:** Potasio, **Ca:** Calcio, **Mg:** Magnesio, **S:** Azufre, **Fe:** Hierro, **Cu:** Cobre, **Zn:** Zinc, **Na:** Sodio, **Mn:** Manganese. **pH:** De pasta saturada, **RAS:** Relación/Adsorción de sodio, **NO₃⁻:** Nitratos, **PO₄⁻:** Fosfatos, **SO₄⁻:** Sulfatos, **CO₃⁻:** Carbonatos, **Cl:** Cloruros, **HCO₃⁻:** Bicarbonatos, **FA:** Franco-Arenoso.

VIII.4 Análisis cofenético

El análisis de conglomerados se basó en la comparación de un total de 38 especies de hongos gasteroides, de las cuales 22 están en mezquital (M), 8 en matorral subtropical (MS) y 17 en bosque de encino (BE). La matriz de correlación mostró una $r = 0.87$. En el dendrograma se observa que los tipos de vegetación se dividen en dos conglomerados de acuerdo a la composición de hongos gasteroides, los de zonas áridas y semiáridas (M y MS) y los de zonas templadas (BE), con un coeficiente de disimilitud de 1.52. Dentro del conglomerado de M y MS la disimilitud entre estos dos tipos de vegetación es de 1.15 (Fig. 11).

Al evaluar la composición de especies por tipo de vegetación y estación del año, resultaron 12 posibles combinaciones compuestas por las variables antes mencionadas. La primera parte representa la época de muestreo, ya sea Primavera (P), Verano (V), Otoño (O) o Invierno (I) y la segunda parte simboliza el tipo de vegetación (M, MS o BE).

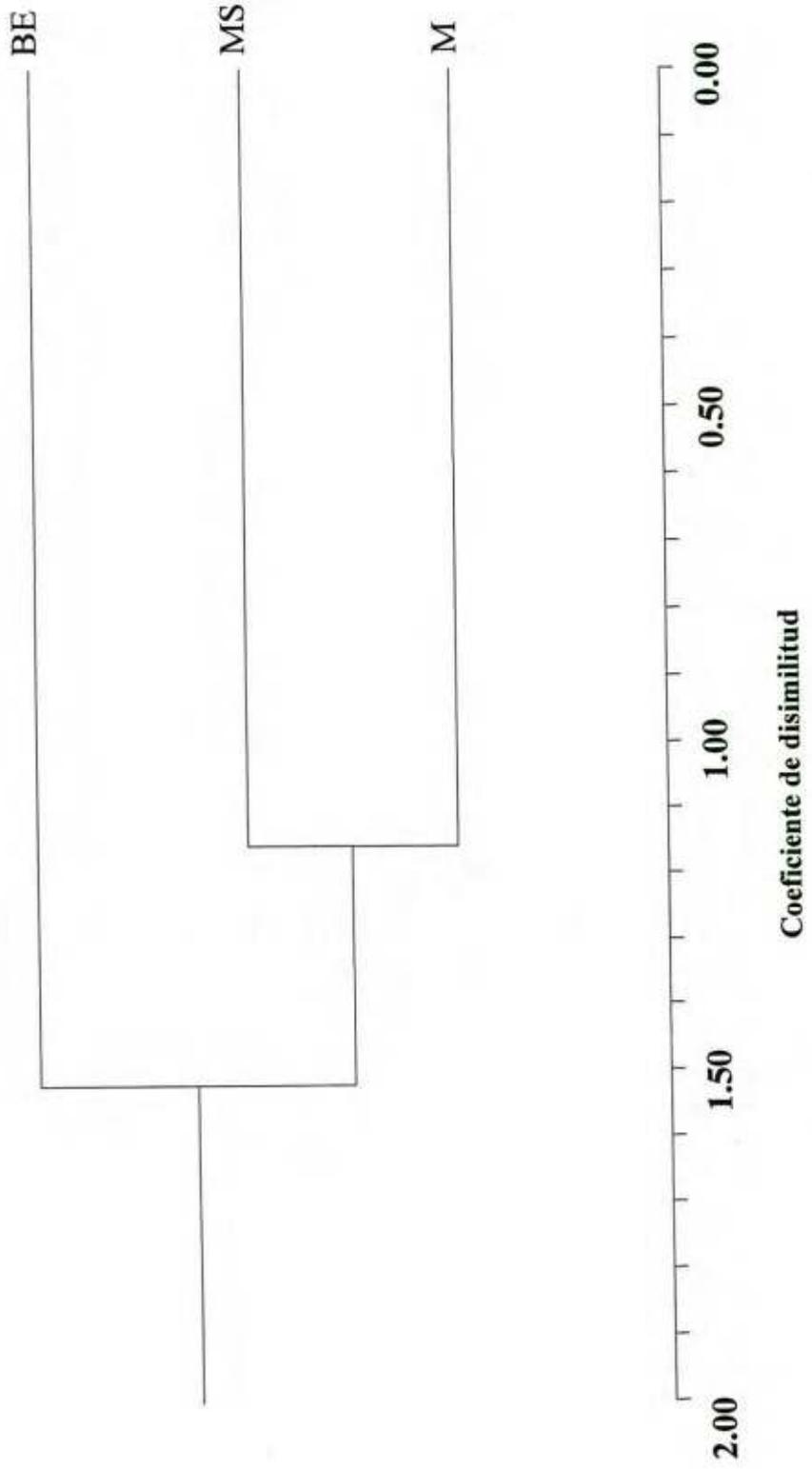
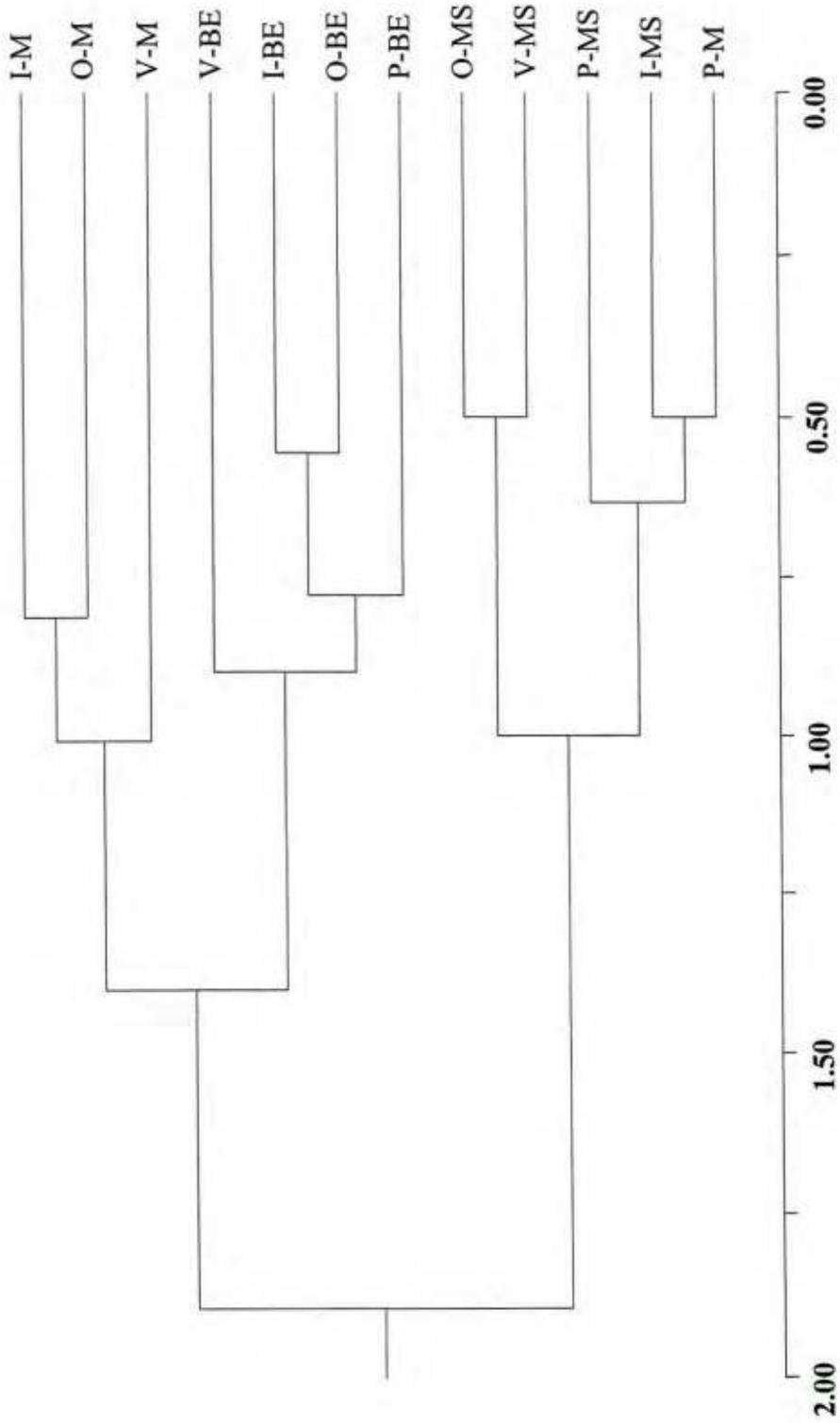


Figura 11. Dendrograma con base en la composición de hongos por tipo de vegetación.

La matriz mostró una $cr = 0.79$. En la Figura 12 se observan dos grandes grupos, el primero compuesto por I-M, O-M, V-M, I-BE, O-BE y P-BE, y el segundo grupo integrado por O-MS, V-MS, I-MS y P-M. El valor de disimilitud entre los dos grupos es de 1.89. Cada uno de estos grupos está conformado por conglomerados más pequeños con un valor de disimilitud menor. El primer grupo está integrado por dos conglomerados representados por M y BE respectivamente, donde la cohesión se conserva a pesar de tratarse de distintas estaciones del año. Sin embargo en el segundo grupo la dinámica cambia, un conglomerado está compuesto por O-MS y V-MS con un valor de 0.5, registrando el menor coeficiente al igual que la relación entre P-MS y P-MS. Además se compararon las especies presentes en el mismo tipo de vegetación y/o estación del año, la matriz mostró una $cr = 0.68$. El dendrograma se dividió básicamente en dos grandes grupos (Fig. 13), el primero contiene especies características de zonas templadas, mientras que el otro está constituido por taxones representativos de zonas áridas y semiáridas. La clave de las especies se indica en el Apéndice 2. El primer grupo está conformado a su vez por varios conglomerados, todos con valores de disimilitud menores a 2.83, dentro de este grupo existen tres conglomerados con especies que poseen una disimilitud nula. El primero está conformado por *S. verrucosum*, *S. cepa*, *S. albidum*, *L. rimulatum*, *L. pyriforme*, *L. perlatum* var. *peckii* y *G. fimbriatum*. El segundo conglomerado está compuesto por *T. floridanum* y *G. minimum*. El tercer conglomerado está integrado por *L. perlatum* var. *excoriatum* y *C. stercoreus*. Todas las especies que constituyen el primer grupo se recolectaron exclusivamente en bosque de encino.



Coefficiente de Disimilitud

Figura 12. Dendrograma con base en la composición de hongos por tipo de vegetación y estación del año.

El segundo grupo se encuentra integrado por varios conglomerados, todos con valores de disimilitud menores a 2.58. En este grupo existen cuatro conglomerados con especies que comparten una disimilitud nula. El primer conglomerado está formado por *T. squamosum*, *M. coliforme* y *D. bovista*. El segundo conglomerado lo constituyen: *T. macrosporum* y *D. candida*, mientras que el tercero: *T. meridionale*, *T. gracilipes* y *C. bicolor*. El cuarto grupo lo integran *T. subsquamosum*, *T. sp.* y *A. deserticola*.

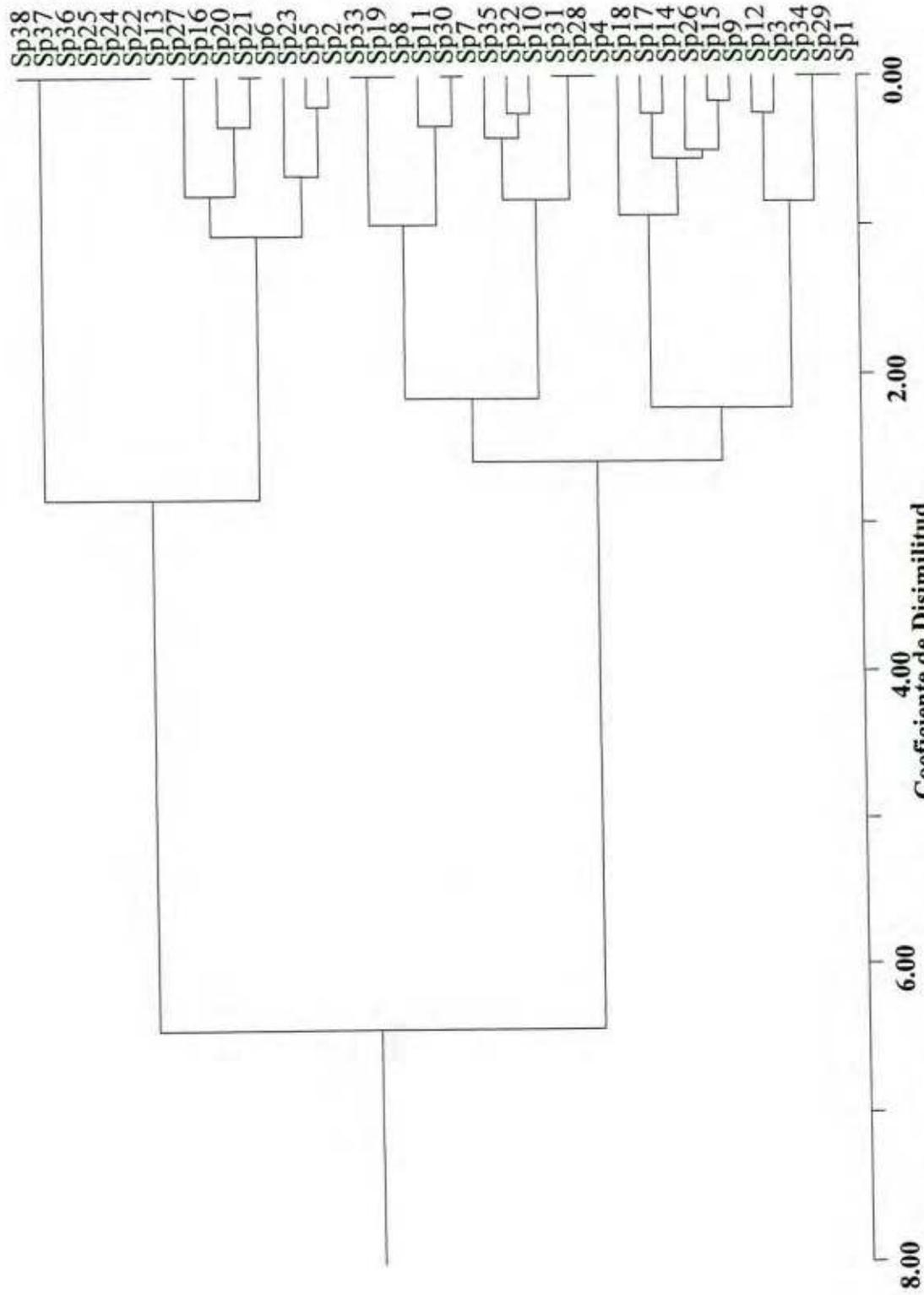


Fig. 13. Dendrograma con base en la composición de hongos por tipo de vegetación y/o estación

IX. DISCUSIÓN

La dinámica de la “isla” de biodiversidad de la Sierra de Mazatán, cuyas características son un clima templado rodeado por un entorno desértico se pueden observar en la variación de especies fúngicas dependiendo del tipo de vegetación a la que se encuentran asociadas. Géneros con una distribución restringida a un clima templado como *Lycoperdon*, *Scleroderma* y *Cyathus*, se recolectaron exclusivamente en bosque de encino. El género *Tulostoma* cuyas especies están bien adaptadas a las condiciones desérticas (Wright, 1987; Miller y Miller, 1998) caracterizaron al mezquital. Esto confirma la conexión existente entre el tipo de vegetación y las especies de hongos gasteroides. Esqueda *et al.* (2010) señalan a *Geastrum* como uno de los géneros mejor conocidos en la micobiota sonorensis. Derivado de un estudio en 20 localidades de tres regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en Sonora: San Javier-Tepoca, Punta de Cirio y Sierra de Álamos publicado por Esqueda *et al.* (2003). En el presente trabajo, dicho género resultó el segundo mejor representado con siete taxones.

La diversidad de hongos en los tres tipos de vegetación fue distinta, la mayor se obtuvo en el mezquital, seguida por el bosque de encino y finalmente el matorral subtropical. Destaca que en el mezquital se registraron los valores de diversidad y equidad más elevados, mientras que el matorral subtropical obtuvo el coeficiente de dominancia mayor, valor relacionado negativamente con el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Los valores de diversidad de la micobiota para mezquital y bosque de encino fueron relativamente similares, en tanto que en el matorral subtropical fue significativamente menor. ¿De qué manera se puede explicar un coeficiente tan bajo? Para responder se debe ampliar el panorama, debido a que pueden existir varios factores que influyan en el establecimiento de los hongos gasteroides y sus interacciones con otros organismos. El ambiente del suelo alberga una gran proporción de diversidad biológica de la tierra. La diversidad de los microorganismos del suelo no se ha estudiado bien y se considera que sólo el 1% se ha cultivado, identificado y caracterizado (Torsvik *et al.*, 1990; Hawksworth, 2001). Evidentemente, las interacciones competitivas entre los hongos en una comunidad diversa pueden resultar en tasas de descomposición reducidas, mientras que en otros casos, las especies fúngicas parecen interactuar de manera sinérgica (Hättenschwiler *et al.*, 2005).

Los hongos gasteroides son un grupo complejo, que viven generalmente de forma saprófita en el suelo, a veces lo hacen en madera muerta o estiércol y ocasionalmente pueden formar micorrizas (Calonge, 1998). Por ello es importante conocer la dinámica entre la materia en descomposición y los desintegradores. La descomposición de la hojarasca por hongos depende de la temperatura, la humedad y la capacidad enzimática de los hongos (Domsch *et al.*, 1980). Otro factor es la variación de la concentración de nutrientes en los distintos tipos de hojarasca, además de su composición química, ya que existen algunos compuestos que podrían inhibir o estimular la descomposición. La inhibición del crecimiento microbiano o de la actividad

por un compuesto específico puede disminuir, compensar, retroceder alguna actividad o estimular tales efectos como la transferencia de nutrientes entre los tipos de hojarasca.

Los polifenoles son comúnmente considerados como un grupo de metabolitos secundarios de las plantas que suelen inhibir la descomposición. Esta percepción es demasiado simple, ya que pueden tener muchas funciones diferentes en el mantillo orgánico y el suelo subyacente (Hättenschwiler y Vitousek, 2000). Incluso la variación intraespecífica en la concentración de polifenoles en la hojarasca, pueden influir fuertemente en los procesos del suelo y funcionamiento de los ecosistemas (Schweitzer *et al.*, 2004). Los polifenoles como compuestos reguladores son esenciales para entender mejor los procesos generales de descomposición y sus efectos en la diversidad de la hojarasca en particular (Hättenschwiler *et al.*, 2005). Otro factor que podría influir en el establecimiento de hongos gasteroides es el suelo. Sin embargo, la textura fue francoarenosa en los tres sitios y los valores de pH similares. Los valores más altos de Ca^{++} , Cl^- , Mg^{++} , Zn, fosfatos y nitratos se presentaron en mezquital.

Existen varias posibilidades que pueden explicar la relación entre la diversidad de plantas y hongos. Es posible que tanto la planta como los hongos tengan un efecto sobre el ambiente abiótico y viceversa. Otros factores como el tipo de suelo y las condiciones ambientales afectan la composición de las especies que crecen sobre el suelo y éstas a su vez, influyen sobre la estructura de la comunidad microbiana (Cornelissen *et al.*, 2003; Ramette y Tiedje, 2006). Una de las causas posibles que tiene un efecto directo en la presencia o ausencia de este grupo de hongos es la unilateralidad

de la interacción entre las comunidades de plantas y de los microorganismos existentes en el suelo, donde la hojarasca es el factor principal y el conductor de la comunidad microbiana (Hättenschwiler *et al.*, 2005).

Otro factor que podría ayudar a entender la ausencia de riqueza de especies en el matorral subtropical es que el grupo de hongos gasteroides no es el degradador primordial de los componentes existentes provenientes de las especies florísticas establecidas en este sitio. Tal vez exista otro grupo fúngico que domine o se especialice en la degradación de nutrientes en este tipo de vegetación. También podría deberse a la topografía compleja del sitio, con pendientes pronunciadas, lo cual provoca el arrastre de suelos durante las épocas de lluvias. Además se ha señalado que factores como el pH, la fertilidad y el contenido de humus pueden ser más relevantes para la presencia o ausencia de hongos gasteroides (Guzmán, 1970; Wright, 1987; Miller y Miller, 1988).

Si se analiza el comportamiento de la diversidad fúngica durante las cuatro estaciones del año, podemos afirmar que el valor mayor se presentó durante el verano, seguido del otoño, invierno y primavera. Esta variación de valores desde verano a primavera puede tener una compleja explicación partiendo de una sola palabra, desierto. Si bien la humedad es baja y las altas temperaturas ciertamente pueden limitar las actividades de las especies, la alta heterogeneidad espacial, las condiciones abióticas y la disponibilidad de los recursos pueden explicar la alta diversidad de especies fúngicas en ambientes áridos (Poli, 1991a). La heterogeneidad espacial y temporal en los desiertos ocurre en diferentes escalas, afectando la composición y riqueza de las comunidades

(Poli, 1991a). Los desiertos poseen una variabilidad mayor en un gran número de parámetros en comparación con otros sistemas (Poli, 1991b).

El desarrollo y actividad de los hongos puede estimularse por ciertos niveles de remoción dado por la microfauna del suelo, siendo la heterogeneidad espacial y temporal en las “ventanas de oportunidad”, las que regulan las interacciones entre las plantas, hongos y la microfauna fungívora del suelo, que a su vez contribuyen en el aumento de la diversidad de especies de hongos en los ecosistemas áridos (Zack, 1992). Estas ventanas de oportunidad se pueden interpretar como los periodos de humedad óptima y se rigen por el tamaño y la duración de la entrada de humedad en los ambientes áridos (Zack, 1992). Crawford (1991) menciona que los organismos del desierto tienden a ser funcionalmente diversos como respuesta de un ambiente muy variable e impredecible, garantizando la rápida adaptación a las condiciones favorables. Tal vez la diversidad fúngica reportada para verano puede ejemplificar la respuesta de los hongos ante la disponibilidad de recursos que se refleja en la producción de cuerpos fructíferos. Cabe mencionar que la riqueza o diversidad fúngica estimada es con base en la recolección de basidiomas, lo cual no significa que el hongo haya estado ausente durante alguna estación del año, simplemente no existían las condiciones adecuadas para la producción de fructificaciones. Los índices de similitud y diversidad son importantes pues nos permiten determinar las semejanzas de las poblaciones de las comunidades y la riqueza de una zona, ya sea para estudiarla, conservarla o repoblar una especie que está en vías de desaparecer y que es importante para el correcto desarrollo de la comunidad. Sin embargo no existen estudios previos para comparar la riqueza o diversidad actual de

especies fúngicas y determinar si la comunidad de hongos está en decadencia, se ha mantenido estable o mejorado.

Respecto al análisis de conglomerados, el primer dendrograma se basa en la composición fúngica respecto al tipo de vegetación, en él se observan claramente dos grupos con alta homogeneidad, lo que parece indicar la presencia de dos micobiotas particulares, los hongos gasteroides representantes de zonas áridas y semiáridas, y los de zonas templadas como encontraron Esqueda *et al.* (2000), en el estudio de composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación en Sonora, México. El segundo dendrograma está fundamentado en la composición de especies de hongos gasteroides tomando como criterios la estación del año y el tipo de vegetación. La alta homogeneidad de los conglomerados fue influenciada por el tipo de vegetación. Sin embargo un conglomerado mantuvo la cohesión durante la primavera, siendo la composición fúngica similar en mezquital y matorral subtropical. Cada tipo de vegetación tiene una micobiota específica a pesar de las variaciones que se pueden presentar durante las estaciones del año.

El tercer dendrograma se basa en el tipo de vegetación y/o estación del año para conocer el grado de asociación entre las especies fúngicas. En general se observaron dos grandes conglomerados, el primero compuesto por especies exclusivas de bosque de encino y el segundo, por especies tanto de mezquital como de matorral subtropical, a excepción de *Geastrum berkeleyi* y *Endoptychum arizonicum*, especies también presentes en bosque de encino. Esta última es una especie característica de zonas

xerófilas entre Estados Unidos y México (Shear, 1902; Guzmán y Herrera, 1969; Arora, 1986; Esqueda *et al.*, 1998b). Aunque el conocimiento sobre su distribución se ha extendido a Argentina (Singer, 1962) e Italia (Sarasini y Contu, 2001). Se registra por primera vez para Sonora a *E. arizonicum* en bosque de encino. Este dendrograma reafirma la influencia del tipo de vegetación sobre la distribución de las especies de hongos gasteroides.

X. CONCLUSIONES

Con base en 139 especímenes de hongos gasteroides recolectados durante las cuatro estaciones del año en las tres localidades caracterizadas en cuanto a factores bióticos y abióticos en la Sierra de Mazatán, se presentan las siguientes conclusiones:

La mayor riqueza y diversidad de hongos gasteroides se registró en vegetación de mezquital.

Las zonas áridas y templadas resultaron favorables para el desarrollo de los hongos gasteroides, observándose un mayor número de fructificaciones y taxones durante el verano y el otoño.

La distribución de los hongos gasteroides parece estar más influenciada por el tipo de vegetación que por los parámetros físico y químico del suelo.

XI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios sobre otros grupos de hongos en la Sierra de Mazatán, asimismo ampliar y enriquecer los trabajos sobre hongos gasteroides.

Muestrear con mayor intensidad, especialmente durante los periodos de otoño e invierno, debido a los hábitos de los hongos gasteroides y la diversidad de especies observadas durante un año de muestreo estacional.

Investigar las interacciones entre los tipos de hojarasca, la diversidad de los organismos del suelo y los procesos que ocurren durante la mineralización y la formación de la materia orgánica del suelo en el área de estudio.

Analizar exhaustivamente la importancia funcional de polifenoles durante la descomposición de la mezcla de hojarasca. Dicho análisis contribuirá al entendimiento de los mecanismos que actúan en la descomposición de la materia orgánica en la reserva.

Evaluar los impactos de la ganadería en la estructura de las comunidades presentes en la Sierra de Mazatán.

Promover el establecimiento de estaciones meteorológicas en la Sierra de Mazatán, con el fin de tener una base de datos confiable para sustentar y/o complementar trabajos de investigación.

XII. LITERATURA CITADA

- Ainsworth, G.C. 1976. Introduction to the History of Mycology. Cambridge University Press, Cambridge. 359 p.
- Aparicio-Navarro, A., A. Quijada-Mascareñas, T. Quintero-Ruiz, A. Búrquez-Montijo. 1994. Nuevos gasteromicetos para la micobiota de Sonora, México. *Ecológica* 3: 11-14.
- Anderson, T.H., L.T Silver y G.A Salas. 1980, Distribution and U-Pb isotope ages of some lineated plutons, northwestern Mexico, *En: Crittenden, M.D., et al., eds., Cordilleran metamorphic core complexes: Geological Society of America Memoir 153: 269–283.*
- Arora, D. 1986. Mushrooms Demystified. 2 ed. Ten Speed Press, Berkeley. 959 pp.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 218–220 pp.
- Baev, P.V., L.D. Penev. 1995. BIODIV: Program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow. p 57.

- Bowerman, C.A. 1961. *Lycoperdon* in Eastern Canada with special reference to the Ottawa District. *Canadian Journal of Botany* 39: 353–383.
- Calonge, F.D. 1998. Gasteromycetes, I. Lycoperdales, Nudilariales, Phallales, Sclerodermatales, Tulostomatales. *Flora Mycologica Ibérica* Vol. 3. CSIS, Madrid. 252 p.
- Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle, A. Aguilar. 2000. *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. INCAPA, México. 226 p.
- Chapin, F.S. III, E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack y S. Díaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234–42.
- Cifuentes, J., M. Villegas, L. Pérez-Ramírez, S. Sierra. 1986. Hongos. *En: Lot, A., F. Chiang (Eds.). Manual de Herbario. Administración y Manejo de Colecciones, Técnicas de Recolección y Preparación de Ejemplares Botánicos*. UNAM–Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México. 55–64 pp.
- CONABIO, 2008. Diversidad biológica de tierras áridas y sub-húmedas en México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/dbt_mexico.html. Fecha de Acceso: febrero 2009.
- Cornelissen, S., A. Botha, W.J. Conradie, G.M. Wolfaardt. 2003. Shifts in community composition provide a mechanism for maintenance of activity of soil yeasts in

the presence of elevated copper levels. *Canadian Journal of Microbiology* 49: 425–432.

Crawford, C.S. 1991. The community ecology of macroarthropod detritivores. *En: Polis, G.A. (Ed.). The Ecology of Desert Communities. The University of Arizona Press, Tucson. 89–112 pp.*

Díaz-Barriga, H. 1992. Hongos Comestibles y Venenosos de la Cuenca de Lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 148 p.*

Domsch, K.H., W. Gams, T.H. Anderson. 1980. *Compendium of Soil Fungi. IHW-Verlag, Eching, Germany. 859 p.*

Ehrlich, P.R., A. H. Ehrlich. 1981. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species. Random House, New York. 305 p.* Espinosa, D., S. Ocegueda *et al.* 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. *En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 33-65.*

Esqueda, M., T. Quintero-Ruiz, E. Pérez-Silva, A. Aparicio-Navarro. 1990. Nuevos registros de Gasteromycetes de Sonora. *Revista Mexicana de Micología* 6: 91–104.

- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera. 1995a. New records of Gasteromycetes for Mexico. *Documents Mycologiques* 98-100: 151–160.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, R.E. Villegas, V. Araujo. 1995b. Macromicetos de zonas urbanas ii: Hermosillo, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 11: 123–132.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, R.E. Villegas. 1996. Los Gasteromycetes citados de Sonora. *Vinculación* 1: 3–16.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, A. Altés, G. Moreno. 1998a. *Tulostoma portoricense* (Tulostomatales, Gasteromycetes) from Mexico. *Mycotaxon* 68: 499–503.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, G. Moreno. 1998b. Adiciones al conocimiento de los gasteromicetos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 14: 41–52.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, F. San Martín, R. Santos-Guzmán. 1999. Macromicetos de selva baja caducifolia. I: Álamos, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 15: 73–78.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, M. Coronado, A. Estrada-Torres. 2000. Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora,

- México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 71: 39–62.
- Esqueda, M., T. Herrera, E. Pérez-Silva, A. Aparicio, G. Moreno. 2002. Distribution of *Battarrea phalloides* in Mexico. Mycotaxon 82: 207–214.
- Esqueda, M., T. Herrera, E. Pérez-Silva, A. Sánchez. 2003. Distribution of *Geastrum* species from some priority regions for conservation of biodiversity of Sonora, Mexico. Mycotaxon 87: 445–456.
- Esqueda, M., G. Moreno, E. Pérez-Silva, A. Sánchez, A. Altés. 2004. The genus *Tulostoma* in Sonora, Mexico. Mycotaxon 90: 409–422.
- Esqueda, M., M. Coronado, A. Sánchez, E. Pérez-Silva, T. Herrera. 2006. Macromycetes of Pinacate and Great Altar Desert Biosphere Reserve, Sonora, Mexico. Mycotaxon 95: 81–90.
- Esqueda, M., M.L. Coronado, A. Gutiérrez, R. Valenzuela, S. Chacón, R.L. Gilbertson, T. Herrera, M. Lizárraga, G. Moreno, E. Pérez-Silva y T.R. van Devender. 2010. Hongos. *En*: Molina-Freaner, F., T. Van Devender (eds.). Diversidad Biológica del Estado de Sonora. UNAM-CONABIO, México. 189–205 pp.
- Esqueda, M., A. Sánchez, M. Rivera, M.L. Coronado, M. Lizárraga, R. Valenzuela. 2009. Primeros registros de hongos gasteroides en la Reserva Forestal Nacional y

- Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 30: 19–29.
- FAO–UNESCO, 1989, Soil Map of the World. 1:5.000.000. I. Revised Legend. Roma.FAO. 1988. Soil Map of the World. Revised Legend. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report, 60. FAO, Rome.
- Felger, R.S., M.B. Moser. 1991. People of the Desert and Sea, Ethnobotany of the Seri Indians. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 438 p.
- Fries, E. 1821. *Systema Mycologicum*. Vol. 1. Lund, Sweden. 520 p.
- Guzmán, G. 1970. Monografía del género *Scleroderma* Pers. emend. Fr. *Darwiniana* 16: 233–407.
- Guzmán, G. 1972. Macromicetos mexicanos en el herbario The National Fungus Collections of USA. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 32: 31–55.
- Guzmán, G. 1975. Hongos mexicanos (macromicetos) en los herbarios del extranjero, III. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 9: 85–102.
- Guzmán, G. 1995. Supplement to the monograph of the genus *Psilocybe*. En: Petrini, Q., E. Horak. Taxonomic monographs of Agaricales. *Bibliotheca Mycologica* 159. Cramer, Berlín. 91–141 pp.

- Guzmán, G. 1998. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). *En*: Halffter, G. (comp.) La diversidad biológica de Iberoamérica II. Volumen Especial, Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. 111–175 pp.
- Guzmán, G., T. Herrera. 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México, II. Gasteromicetos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 40: 1–92.
- Hättenschwiler, S., P.M. Vitousek. 2000. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 238–43.
- Hättenschwiler, S., A.V. Tiunov, S. Scheu. 2005. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 191–218.
- Hawksworth, D.L. 2001 The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological research* 105: 1422–1432.
- Hibbett, D.S., E.M. Pine, E. Langer, G. Langer, M.J. Donoghue. 1997. Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94: 12002–12006.
- INEGI, 1997a. Carta Topográfica 1: 250 000 Hermosillo H12-8.

- INEGI, 1997b. Conjuntos de Datos Vectoriales de Carta de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000.
- INEGI, 2009. Fisiografía de Sonora. Disponible en: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/son/fisio.cfm?c=444&e=02> Fecha de Acceso: Febrero 2009.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, J.C. David, J.A. Stalpers. 2001. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 9 ed. CAB International, Wallingford. 655 p.
- Krebs, C.J. 1972. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 2 ed. Harper and Row Publishers Inc., New York. 694 p.
- Ludwig, A.J., J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology, A Primer on Methods and Computing. John and Wiley & Sons.Inc. Press, USA.337 p.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. Ciencia y Desarrollo 95: 53-64.
- Miller, O.K. Jr., H.H. Millar. 1988. Gasteromycetes. Morphological and Development Features with Keys to Orders, Families, and Genera. Mad River Press, Eureka. 157 p.

- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, P. Robles-Gil. 1997. Megadiversidad, los países biológicamente más ricos del mundo. CEMEX, México. 501 p.
- Moreno, G., A. Altés, C. Ochoa, J.E. Wright. 1995. Contribution to the study of the Tulostomataceae in Baja California, Mexico. *Mycologia* 87: 96–120.
- Moreno, G., M. Esqueda, E. Pérez-Silva, T. Herrera, A. Altés. 2007. Some interesting gasteroid and secotioid fungi from Sonora, Mexico. *Persoonia* 19: 265–280.
- Mueller, G.M., J.P. Schmit. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity and Conservation* 16: 1–5.
- Ochoa, C. y G. Moreno. 2006. Hongos gasteroides y secotioides de Baja California, México. *Bol. Soc. Micol.* 30: 121–166.
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematic* 5: 285–307.
- Pérez-Silva, E., T. Herrera. 1991. Iconografía de Macromicetos de México. I: *Amanita*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Publicaciones Especiales6, México. 136 pp.
- Pérez-Silva, E., M. Esqueda, T. Herrera. 1994. Contribución al conocimiento de los gasteromicetos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 10: 77–101.

- Pérez-Silva, E., T. Herrera, M. Esqueda. 1999. Species of *Geastrum* (Basidiomycotina: Geastraceae) from Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 15: 89–104.
- Pérez-Silva, E., M. Esqueda, T. Herrera, G. Moreno, A. Altés. 2000. *Disciseda verrucosa* (Gasteromycetes) in Mexico. *Mycotaxon* 76: 337–341.
- Pérez-Silva, E., M. Esqueda, T. Herrera, M. Coronado. 2006. Nuevos registros de Agaricales en Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 23–33.
- Persoon, D.C. 1801. *Synopsis Methodica Fungorum*. Gotinga. 708 p.
- Piña, C., M. Esqueda, A. Altés y A. Gutierrez. 2010. First record of *Tulostoma gracilipes* (Agaricales, Agaricaceae) for the Americas. *Mycotaxon* 113 (En prensa).
- Polis, G.A. 1991a. Desert communities: an overview of patterns and processes. *En: Polis, G.A. (ed.), Ecology of Desert Communities*. The University of Arizona Press, Tucson. 1–26 pp.
- Polis, G.A. 1991b. Food webs in desert communities: complexity via diversity and omnivory. *En: Polis, G.A. (Ed.), Ecology of Desert Communities*. The University of Arizona Press, Tucson. 383–437 pp.
- Ramette, A., J.M. Tiedje. 2006. Multi-scale responses of microbial life to spatial distance and environmental heterogeneity in a patchy ecosystem. *Proceedings of*

the National Academy of Science of the United States of America 104: 2761–2766.

Sanchez-Escalante, J.J., M. Espiricueta-Betancour, R.A. Castillo-Gómez. 2005. A preliminary floristic inventory in the Sierra de Mazatán, Municipios of Ures and Mazatán, Sonora, México. *En*: Gottfried, G.J., B.S. Gebow, L.G. Eskew, C.B. Edminster (comps). Connecting Mountain Islands and Desert Seas: Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago II. Proc. RMRS-P-36. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins. 118–126 pp.

Sarasini, M., M. Contu. 2001. *Endoptychum arizonicum* (Gasteromycetes) in Italia. *Rivista di Micologia* 44: 247–251.

Sarukhán, J., R. Dirzo. 2001. The megadiverse countries' perspective. *En*: Levin, S.A. (Ed.). Encyclopedia of Biodiversity. Academic Press, San Diego, CA. 419–436 pp.

Schweitzer, J.A., J.K Bailey, B.J. Rehill, G.D. Martinsen, S.C Hart, R.L Lindroth, P. Keim y T.G. Whitham. 2004. Genetically based trait in dominant tree affects ecosystem processes. *Ecology Letters* 7: 127–34.

Shannon, C.E., W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois. 125 p.

- Singer, R. 1962. Monographs of South American Basidiomycetes, especially those of the East slope of the Andes and Brazil V. Gasteromycetes with agaricoid affinities (secotiaceous Hymenogastrineae and related forms). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 10: 52–67.
- Shear, C.L. 1902. Mycological notes and new species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 29: 449–457.
- Sunhede, S. 1989. Geastraceae (Basidiomycotina). Morphology, ecology and systematics with special emphasis on the North European species. *Synopsis Fungorum 1. Fungiflora. Oslo*. 10–511 pp.
- Trappe, J.M., D.L. Luoma. 1992. The ties that bind: fungi in ecosystems. *En: Carroll, G.C., D.T. Wicklow (eds.). The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*. 2nd ed. Marcel Dekker, New York. 17–27 pp.
- Torsvik, V., J. Goksøyr, F.L. Daae. 1990. High diversity in DNA of soil bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 56: 782–787.
- Van Devender, T.R., R.S. Felger, M. Fishbein, F. Molina-Freaner, J. Sánchez-Escalante, A.L. Reina-Guerrero. 2009. Biodiversidad de las plantas vasculares de Sonora, México. *En: Molina-Freaner, F., T. Van Devender (eds.). Diversidad Biológica del Estado de Sonora*. UNAM-CONABIO, México. 231 p.
- Wilson, E.O. 1992. *The Diversity of Life*. WW Norton, New York. 424 p.

Wright, J.E. 1987. The Genus *Tulostoma* (Gasteromycetes) – A World Monograph.

Cramer, Berlin-Stuttgart. 5–219 pp.

Wright, J.E., T. Herrera, G. Guzmán. 1972. Estudios sobre el género *Tulostoma* en

México. *Ciencia, México* 27: 109–122.

Zack, J. 1992. The enigma of desert ecosystems: the importance of interactions among

the soil biota to fungal biodiversity. *En: Isaac, S., J.C. Frankland, R. Watling,*

A.J.S. Whalley (eds.). Aspects of Tropical Mycology. Cambridge University

Press, Cambridge. 13–67 pp.

Zeller, S.M. 1948. Notes on certain Gasteromycetes, including two new orders.

Mycologia 40: 639–668.

XIII. APÉNDICES

Apéndice 1. Hongos gasteroides registrados para Sonora.

- Abstoma pampeanum* (Speg.) J.E. Wright y V.L. Suárez (6)
Abstoma reticulatum G. Cunn. (3, 4, 5, 6)
Agaricus aridicola G. Moreno, Esqueda y Lizárraga (2, 4, 5, 6, 18, 21)
Agaricus deserticola G. Moreno, Esqueda & Lizárraga [*A. texensis* (Berk. y M.A. Curtis) Geml y al.; *Longula texensis* (Berk. y M.A. Curtis) Zeller] (9, 20, 19)
Arachnion album Schwein. (5, 9, 21)
Araneosa columellata Long (6, 9, 19)
Astraeus hygrometricus (Pers.) Morgan (2, 5, 6, 8, 9, 21, 27)
Battarrea phalloides (Dicks.) Pers. [*Battarrea stevenii* (Libosch.) Fr.] (2, 5, 10, 18)
Battarreoides diguetii (Pat. y Har.) R. Heim y T. Herrera (2, 4, 5, 6, 9, 13, 16, 21)
Bovista acuminata (Bosc) Kreisel (5, 6, 8, 9, 21)
Bovista aestivalis (Bonord.) Demoulin (9)
Bovista gunnii (Berk.) Kreisel (5, 6, 8, 9, 21)
Bovista longispora Kreisel (5, 6, 9, 21)
Bovista pusilla (Batsch) Pers. (2, 4, 5, 21)
Calvatia bicolor (Lév.) Kreisel (9, 19)
Calvatia craniiformis (Schwein.) Fr. (6, 9, 19)
Calvatia cyathiformis (Bosc) Morgan (4, 5, 6, 8, 9)
Calvatia fragilis (Vittad.) Morgan (6, 8, 9)
Calvatia pygmaea (R.E. Fr.) Kreisel, G. Moreno, C. Ochoa y Altés (13, 19)
Calvatia rubroflava (Cragin) Lloyd (2, 27)
Calvatia rugosa (Berk. y M.A. Curtis) D.A. Reid (2, 5, 6, 8)
Chlamydopus meyenianus (Klotzsch) Lloyd (2, 5, 18, 21)
Clathrus columnatus Bosc [*Linderia columnata* (Bosc) G. Cunn.] (6, 9)
Crucibulum laeve (Huds.) Kambly (2, 5, 21)
Cyathus setosus H.J. Brodie (5, 8, 21, 23)
Cyathus stercoreus (Schwein.) De Toni (2, 5, 6, 8, 9, 21, 27)
Dictyocephalos attenuatus (Peck) Long y Plunkett (6)
Disciseda bovista (Klotzsch) Henn. (4, 5, 6, 9, 21)
Disciseda calva (Z. Moravec) Z. Moravec (5, 6, 8, 9, 21)
Disciseda cervina (Berk.) Hollós (3, 5, 6, 9)
Disciseda hyalothrix (Cooke y Massee) Hollós [*Disciseda pedicellata* (Morgan) Hollós] (3, 6, 8, 9, 13, 19, 27)
Disciseda stuckertii (Speg.) G. Moreno, Esqueda y Altés [*Abstoma stuckertii* (Speg.) J.E. Wright y V.L. Suárez; *Disciseda muelleri* (Berk.) G. Cunn.] (4, 5, 6, 13, 19, 21)
Disciseda verrucosa G. Cunn. [*Disciseda hypogaea* (Cooke y Massee) G. Cunn.] (1, 5, 6, 8, 9, 13, 19, 23)
Endoptychum arizonicum (Shear y Griffiths) Singer y A.H. Sm. (2, 4, 5, 6, 9, 13, 18, 19, 21)
-

Apéndice 1. Continuación...

- Endoptychum depressum* Singer y A.H. Sm. (2, 5, 6, 18)
Gastropila fumosa (Zeller) P. Ponce de León [*Calvatia fumosa* Zeller] (6)
Geastrum berkeleyi Masee (13) *Geastrum campestre* Morgan (4, 5, 11, 22)
Geastrum corollinum (Batsch) Hollós (6, 8, 9, 11)
Geastrum coronatum Pers. (11)
Geastrum fimbriatum Fr. (8, 9, 11, 22)
Geastrum floriforme Vittad. (8, 9, 11, 22)
Geastrum fornicatum (Huds.) Hook. (11, 22)
Geastrum kotlabae V.J. Staněk [*Geastrum drummondii* Berk.] (2, 5, 6, 8, 11, 13, 18)
Geastrum lageniforme Vittad. (6, 8, 9, 11, 22)
Geastrum minimum Schwein. (6, 8, 9, 11, 13, 22)
Geastrum pectinatum Pers. (1, 5, 6, 9, 11, 22)
Geastrum pouzarii V.J. Staněk (9, 11)
Geastrum pseudolimbatus Hollós (9, 11)
Geastrum quadrifidum DC. (2, 5, 11, 18, 22)
Geastrum saccatum Fr. (2, 5, 6, 8, 9, 11, 22, 27)
Geastrum schimidellii Vittad. (13)
Geastrum schweinitzii (Berk. y M.A. Curtis) Zeller (6, 9, 22)
Geastrum striatum DC. (6, 9, 11)
Geastrum triplex Jungh. (6, 9, 11, 22)
Geastrum xerophilus Long (3, 5, 6, 9, 11, 22)
Itajahya galericulata A. Møller (4, 5, 6, 18)
Lycoperdon curtisii Berk. (5, 21)
Lycoperdon decipiens Durieu y Mont. [14] Ver pie de cuadro
Lycoperdon ericaeum Bonord. (9)
Lycoperdon excipuliforme (Scop.) Pers. [*Handkea excipuliformis* (Scop.) Kreisel] (5, 21)
Lycoperdon fuligineum Berk. y M.A. Curtis [*Morganella fuliginea* (Berk. y M.A. Curtis) Kreisel y Dring] (2, 5, 26)
Lycoperdon fuscum Bonord. (5, 8, 9, 21, 27)
Lycoperdon lividum Pers. (9)
Lycoperdon marginatum Vittad. (6, 9)
Lycoperdon molle Pers. (9)
Lycoperdon muscorum Morgan (6)
Lycoperdon peckii J.B. Morgan (2, 5, 6, 9, 16)
Lycoperdon perlatum Pers. (5, 6, 9, 21)
Lycoperdon perlatum var. *excoriatum* (Lloyd) F. Šmarda (2)
Lycoperdon pratense Pers. [*Vascellum pratense* (Pers.) Kreisel] (2, 5, 9, 21)
Lycoperdon pyriforme Schaeff. (5, 6, 9, 21)
Lycoperdon rimulatum Peck (5, 6, 9, 21)
Lycoperdon spadiceum Pers. (9, 10, 21)
Lycoperdon subincarnatum Peck (8)
Lycoperdon umbrinum Pers. (2, 5, 8, 27)
-

Ápendice 1. Continuación...

-
- Lycoperdon utriforme* Bull. [*Handkea utriformis* (Bull.) Kreisel] (5, 21)
Mesophelliopsis pernambucensis Bat. y A.F. Vital (8) *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller (1, 4, 5, 6, 9, 13, 21)
Morganella mexicana Zeller (5, 26)
Mycenastrum corium (Guers.) Desv. (2, 5, 6, 9, 17, 21)
Myriostoma coliforme (Dicks.) Corda (5, 8, 21)
Phallus impudicus var. *imperialis* (Schulzer) Ulbr. (2, 5, 18)
Phellorinia herculeana (Pall.) Kreisel emend. Demoulin [*Phellorinia inquinans* Berk.] (1, 5, 6, 9, 13)
Pisolithus arhizus (Scop.) Rauschert (2, 5, 6, 9, 21)
Podaxis pistillaris (L.) Fr. (2, 4, 5, 6, 9, 13, 18)
Radiigera fuscogleba Zeller (6, 9)
Radiigera taylorii (Lloyd) Zeller [16]
Schizostoma laceratum Ehrenb. (1, 4, 5, 6, 9, 13)
Scleroderma albidum Pat. y Trab. (2, 5, 6, 9, 21)
Scleroderma areolatum Ehrenb. (5, 6, 9, 21)
Scleroderma cepa Pers. (2, 5)
Scleroderma laeve Lloyd (5, 9, 21)
Scleroderma reae Guzmán (3, 5, 6, 9)
Scleroderma verrucosum (Bull.) Pers. (5, 6, 9, 21)
Tulostoma albicans V.S. White (5, 7, 9, 12, 13, 17)
Tulostoma amnicola Long y S. Ahmad (9)
Tulostoma beccarianum Bres. (9, 12)
Tulostoma chudaei Pat. (9, 12)
Tulostoma cretaceum Long (12, 13)
Tulostoma cyclophorum Lloyd (12)
Tulostoma fimbriatum Fr. (6, 9, 12, 13, 27)
Tulostoma fimbriatum var. *campestre* (Morgan) G. Moreno (4, 5, 6, 7, 8, 25, 27)
Tulostoma floridanum Lloyd (12, 27)
Tulostoma involucreatum Long (9, 12, 13)
Tulostoma leiosporum Fr. [*Tulostoma exitum* Long y S. Ahmad] (9, 12, 13)
Tulostoma macrosporum G. Cunn. (9, 12)
Tulostoma melanocyclum Bres. (9, 12)
Tulostoma mohavei Lloyd (13)
Tulostoma nanum (Pat.) J.E. Wright [*Tulostoma carneum* Pat.] (2, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 25)
Tulostoma obesum Cooke y Ellis (12, 13)
Tulostoma occidentale Lloyd (5, 7, 12, 17)
Tulostoma operculatum Long y S. Ahmad (9)
Tulostoma portoricense J.E. Wright (7, 12)
Tulostoma pulchellum Sacc. (9, 12)
Tulostoma puncticulosum Long y S. Ahmad (9)
Tulostoma pygmaeum Lloyd (9, 13)
-

Ápndice 1. Continuación...

Tulostoma squamosum Pers.(12)

Tulostoma striatum G. Cunn.(2, 4, 5, 7, 12, 23)

Tulostoma subfuscum V.S. White (9)

Tulostoma submembranaceum G. Moreno, C. Ochoa y J.E. Wright (12)

Tulostoma xerophilum Long (5, 6, 7, 9, 12, 13, 22)

Las referencias bibliográficas correspondientes a los números indicados en las especies se enlistan a continuación: [1] Aparicio-Navarro *et al.* (1994). [2] Esqueda *et al.* (1990). [3] Esqueda *et al.* (1995a). [4] Esqueda *et al.* (1995b). [5] Esqueda *et al.* (1996). [6] Esqueda *et al.* (1998a). [7] Esqueda *et al.* (1998b). [8] Esqueda *et al.* (1999). [9] Esqueda *et al.* (2000). [10] Esqueda *et al.* (2002). [11] Esqueda *et al.* (2003). [12] Esqueda *et al.* (2004). [13] Esqueda *et al.* (2006). [14] Esqueda *et al.* (2009). [15] Esqueda *et al.* (2010). [16] Guzmán (1972). [17] Guzmán (1975). [18] Guzmán y Herrera (1969). [19] Moreno *et al.* (2007). [20] Pérez-Silva y Herrera (1991). [21] Pérez-Silva *et al.* (1994). [22] Pérez-Silva *et al.* (1999). [23] Pérez-Silva *et al.* (2000). [24] Pérez-Silva *et al.* (2006). [25] Wright (1987). [26] Wright *et al.* (1972). [27] Zeller (1948).

Apéndice 2. Clave de especies de hongos gasteroides.

Clave	Especie
Sp1	<i>Agaricus deserticola</i>
Sp2	<i>Astraeus hygrometricus</i>
Sp3	<i>Battarreoides diguetii</i>
Sp4	<i>Calvatia bicolor</i>
Sp5	<i>Calvatia craniiformis</i>
Sp6	<i>Cyathus stercoreus</i>
Sp7	<i>Disciseda candida</i>
Sp8	<i>Disciseda bovista</i>
Sp9	<i>Disciseda hyalothrix</i>
Sp10	<i>Disciseda verrucosa</i>
Sp11	<i>Endoptychum arizonicum</i>
Sp12	<i>Geastrum berkeleyi</i>
Sp13	<i>Geastrum fimbriatum</i>
Sp14	<i>Geastrum kotlabae</i>
Sp15	<i>Geastrum lageniforme</i>
Sp16	<i>Geastrum minimum</i>
Sp17	<i>Geastrum pectinatum</i>
Sp18	<i>Geastrum saccatum</i>
Sp19	<i>Myriostoma coliforme</i>
Sp20	<i>Lycoperdon lividum</i>
Sp21	<i>Lycoperdon perlatum</i> var. <i>excoriatum</i>
Sp22	<i>Lycoperdon perlatum</i> var. <i>peckii</i>
Sp23	<i>Lycoperdon perlatum</i>
Sp24	<i>Lycoperdon periforme</i>
Sp25	<i>Lycoperdon rimulatum</i>
Sp26	<i>Tulostoma albicans</i>
Sp27	<i>Tulostoma floridanum</i>
Sp28	<i>Tulostoma gracilipes</i>
Sp29	<i>Tulostoma</i> sp.
Sp30	<i>Tulostoma macrosporum</i>
Sp31	<i>Tulostoma meridionale</i>
Sp32	<i>Tulostoma pygmaeum</i>
Sp33	<i>Tulostoma squamosum</i>
Sp34	<i>Tulostoma subsquamosum</i>
Sp35	<i>Tulostoma xerophilum</i>
Sp36	<i>Scleroderma albidum</i>
Sp37	<i>Scleroderma cepa</i>
Sp38	<i>Scleroderma verrucosum</i>

Apéndice3. Hongos gasteroides de la Sierra de Mazatán.



Figura 14. Gasteroides de Sonora. 1: *Astraeus hygrometricus*, 2: *Calvatia craniiformis*, 3: *Cyathus stercoreus*, 4: *Disciseda verrucosa*, 5: *Endoptychum arizonicum*, 6: *Geastrum fimbriatum*, 7: *Geastrum minimum*, 8: *Geastrum pectinatum*, 9: *Geastrum lageniforme*.

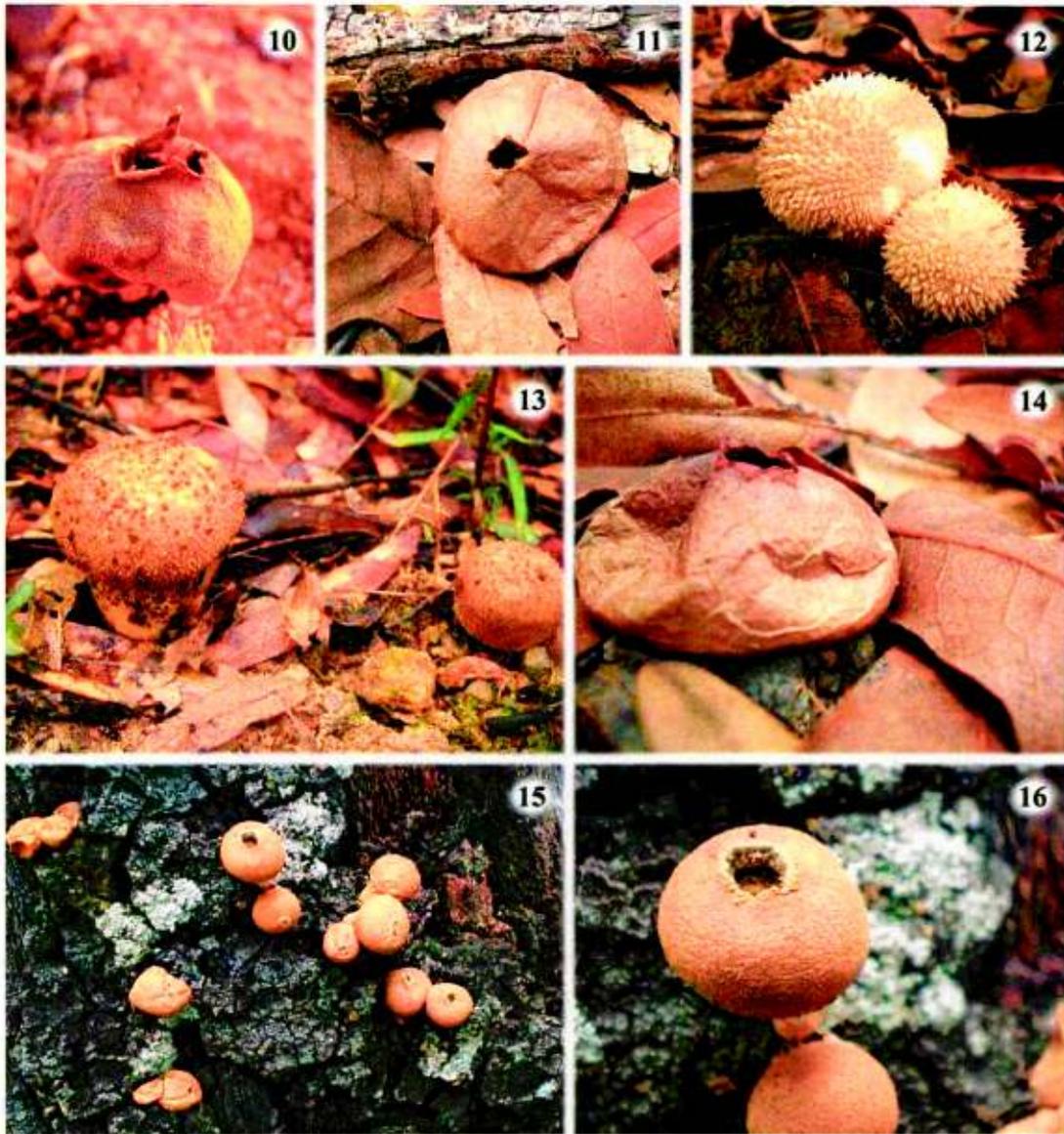


Figura 14 Continuación...10: *Lycoperdon lividum*, 11: *Lycoperdon perlatum* var. *excoriatum*, 12: *Lycoperdon perlatum* var. *peckii*, 13: *Lycoperdon perlatum*, 14: *Lycoperdon rimulatum*, 15 y 16: *Lycoperdon pyriforme*.



Figura 14. *Continuación...*17: *Scleroderma albidum*, 18: *Scleroderma cepa*, 19: *Scleroderma verrucosum*, 20: *Tulostoma floridanum*, 21: *Tulostoma gracilipes*, 22: *Tulostoma pygmaeum*, 23: *Tulostoma xerophilum*.